

A MEZŐFÖLDI MŰTRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLET TANULSÁGAI 1984 - 2000

Dr. Kádár Imre

A kiadvány alapjául szolgáló cikkek társszerzői voltak a 4 évtized alatt:

Bana Károlyné, Bártfai Tiborné, Béndek György, Bújtás Klára, Csathó Péter, Elek Éva, Fekete Sándor, Földesi Dezső, Gáspár László, Gulyás Ferenc, Győri Zoltán, Harrach Tamás, Horváth Sándor, Daood Hussein, Kazó Béla, Joachim Keck, Kiss Ernő, Kovács Géza, László Sándorné, Lukács Dánielné, Márton László, Németh Tamás, Péchy Krisztina, Radics László, Ragályi Péter, Réti Ágnes, Schill Judit, Szemán László, Szilágyi Judit, Tárkány Szűcs Sándor, Vinczeffy Imre, Vörös József, Zilahy Péter

**Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest, 2013**

**A MEZŐFÖLDI MŰTRÁGYÁZÁSI
TARTAMKÍSÉRLET TANULSÁGAI
1984 - 2000**

ISBN: 978-963-89041-7-1

**Dr. Kádár Imre 2013
Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet**

**Lektorálta: Dr. Csathó Péter, az MTA Doktora
Technikai szerkesztő: Draskovits Eszter és Szilágyi Zoltánné**

**Hozott anyagból sokszorosítva
9421549 Akaprint Nyomdaipari Kft.
Budapest, 2013**

Tartalomjegyzék

I. Előszó	5
II. A nagyhörcsöki műtrágyázási tartamkísérlet ismertetése	6
III. A kísérlet eredményei 1984 és 2000 között	9
1. Műtrágyázás hatása a repcére (<i>Brassica napus L.</i>) 1984	9
1.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	9
1.2. Anyag és módszer	11
1.3. Termés, elemösszetétel, minőség	12
1.4. A repce elemtartalma és elemfelvétele	20
2. Műtrágyázás hatása a mustárra (<i>Sinapsis alba L.</i>) 1985	47
2.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	47
2.2. Anyag és módszer	48
2.3. Termés, minőség, összetétel	49
3. Műtrágyázás hatása a sörárparra (<i>Hordeum distichon L.</i>) 1986	60
3.1. Bevezetés	60
3.2. Anyag és módszer	60
3.3. Termés és minőség	61
3.4. A sörárpa elemtartalma és elemfelvétele	69
4. Műtrágyázás hatása az olajlenre (<i>Linum usitatissimum L.</i>) 1987	79
4.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	79
4.2. Anyag és módszer	80
4.3. Az olajlen fejlettsége, gyomborítottsága	80
4.4. Az olajlen összetétele, minősége, elemfelvétele	89
5. Műtrágyázás hatása a szójára (<i>Glycine max L. Merr.</i>) 1988	101
5.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	101
5.2. Anyag és módszer	102
5.3. Termés, minőség, gyomborítottság, betegség ellenállóság	103
5.4. A szója elemtartalma és elemfelvétele	111
6. Műtrágyázás hatása a rostkenderre (<i>Cannabis sativa L.</i>) 1989	122
6.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	122
6.2. Anyag és módszer	124
6.3. Termés és minőség	125
6.4. Ásványi összetétel, elemfelvétel	131
7. Műtrágyázás hatása a borsóra (<i>Pisum sativum L.</i>) 1990	142
7.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	142
7.2. Anyag és módszer	143
7.3. Talajvizsgálati eredmények	144
7.4. Termés és minőség	146
7.5. A borsó elemtartalma és elemfelvétele	151
8. Műtrágyázás hatása a tritikáléra (<i>XTriticosecale Wittm.</i>) 1991	161
8.1. Bevezetés	161
8.2. Anyag és módszer	161
8.3. Termés és minőség	162
8.4. A tritikálé elemfelvétele, ásványi összetétele	168

9. Mútrágyázás hatása a szemescirokra (<i>Sorghum vulgare L.</i>) 1992	177
9.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	177
9.2. Anyag és módszer	178
9.3. Gyomosodás, termés és minőség	179
9.4. A szemescirok elemfelvétele	183
10. Mútrágyázás hatása a silókukoricára (<i>Zea mays L.</i>) 1993	183
10.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	193
10.2. Anyag és módszer	193
10.3. Termés, minőség és ásványi összetétel	194
11. Mútrágyázás hatása a sárgarépára (<i>Daucus carota L.</i>) 1994	195
11.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	202
11.2. Anyag és módszer	202
11.3. Termés és minőség	204
12. Mútrágyázás hatása a rozusra (<i>Secale cereale L.</i>) 1995	204
12.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	214
12.2. Anyag és módszer	214
12.3. Termés és minőség	215
12.4. A szárbainduláskori hajtás elemtartalma és elemfelvétele	216
13. Mútrágyázás hatása a kölesre (<i>Panicum miliaceum L.</i>) 1996	222
13.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	229
13.2. Anyag és módszer	229
13.3. Kísérleti eredmények	230
14. Mútrágyázás hatása a babra (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) 1997	231
14.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	239
14.2. Anyag és módszer	239
14.3. Kísérleti eredmények	240
15. Mútrágyázás hatása az olaszperjére (<i>Lolium multiflorum Lam.</i>) 1998/99	240
15.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	247
15.2. Anyag és módszer	247
15.3. Kísérleti eredmények	248
15.4. Az olaszperje elemfelvétele	249
16. Mútrágyázás hatása a spenótra (<i>Spinacea oleracea L.</i>) 2000	254
16.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	262
16.2. Anyag és módszer	262
16.3. Kísérleti eredmények	263
17. A NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ és a sóbemosódás vizsgálata a tartamkísérletben	263
17.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	271
17.2. Kísérleti eredmények 1984-1995. között	271
IV. Summary	275
V. Irodalomjegyzék	295
1. Kiadványok alapjául szolgáló saját közlemények	340
2. Egyéb irodalmi hivatkozások jegyzéke	340
VI. MTA ATK TAKI kiadványai, 1980 – 2013	344
	355

I. Előszó

A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérletünk első évtizedének tanulságait a 2012. évi kiadványunk foglalta össze (Kádár, 2012). Ezúton az 1984 és 2000 közötti évek eredményeit ismertetjük. A hazai irodalomból hasonló monográfia hiányzik. A tapasztalatok talán már megismételhetetlenek. Közös munkát tükröznek az agrokémia, talajbiológia, növénykórtan, gyomtudomány és az élelmiszeripar szakemberei között (söripar, cukoripar, növényolajipar, textilipar), melyek az elmúlt 4 évtizedben folytak. Hazai élelmiszeriparról pl. ma talán már nem is beszélhetünk igazán. Eltűntek az ipari minőségvizsgáló és kutató laboratóriumok a szakembereikkel együtt.

A kiadvány egyaránt ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás és a szakma iránt érdeklődő minden ember számára. A 2001 óta folyó gyepkísérlet eredményeiről a közeljövőben kívánunk számot adni. Köszönöm a társszerzőknek, lektornak, technikai szerkesztőknek az együttműködést. A növényi sorrendet a kísérletben alább közöljük.

Növényi sorrend a kísérletben 1974-2013. között

N°	Évek	Kísérleti növény	N°	Évek	Kísérleti növény
1.	1974	Búza	21.	1994	Sárgarépa
2.	1975	Búza	22.	1995	Rozs
3.	1976	Kukorica	23.	1996	Köles
4.	1977	Kukorica	24.	1997	Bab
5.	1978	Burgonya	25.	1998	Olaszperje
6.	1979	Őszi árpa	26.	1999	Olaszperje
7.	1980	Zab	27.	2000	Spenót
8.	1981	Cukorrépa	28.	2001	Gyep
9.	1982	Napraforgó	29.	2002	Gyep
10.	1983	Mák	30.	2003	Gyep
11.	1984	Repce	31.	2004	Gyep
12.	1985	Mustár	32.	2005	Gyep
13.	1986	Sörárpa	33.	2006	Gyep
14.	1987	Olajlen	34.	2007	Gyep
15.	1988	Szója	35.	2008	Gyep
16.	1989	Rostkender	36.	2009	Gyep
17.	1990	Borsó	37.	2010	Gyep
18.	1991	Tritikále	38.	2011	Gyep
19.	1992	Cirok	39.	2012	Gyep
20.	1993	Silókukorica	40.	2013	Gyep

Kádár Imre

II. A műtrágyázási tartamkísérlet ismertetése

A kísérleti telep az Alföld nagytájának Dunántúlra eső Mezőföld tájában helyezkedik el, mégpedig a Nyugat-Mezőföld "Bozót-Sárvíz közti löszhát" geomorfológiai tájrészében, mintegy 140 m tengerszint feletti magasságban. Talajképző kőzete az elég tekintélyes vastagságú lösz, amely helyenként a 15-20 m vastagságot is eléri. Hidrológiai, éghajlati és növényföldrajzi viszonyait tekintve megállapíthatjuk, hogy a kevésbé felhős időjárása, több napsütése, nagyobb hőmérsékleti ingadozása, viszonylagos csapadékszegénysége, nyári időben aszályosságra való hajlamossága a Nagyalföld tájaihoz teszi hasonlónvá. Az éves csapadékmennyisége 500-550 mm, a napsütéses órák száma: 2000-2200, a min./max. hőmérséklet $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$. A terület aszályérzékeny, a vízmérleg negatív: -100 mm/év .

Növényföldrajzi vonatkozásban is az Alföldhöz tartozik, mégpedig a Pannonicum terület Eupannonicum flóraidék Duna-Tisza közti flórajrásába. Szűcs (1965), aki részletes talajföldrajzi kutatásokat végzett a kísérleti területen, a dunavölgyi mészlepedékes csernozjomok közepes humuszcsoportú, 50-75 cm változatához sorolja-e talajokat. Szűcs (1965) említett vizsgálatai szerint a löszön kialakult vályog mechanikai összetétele meglehetősen állandó az egész talajszelvényben. Az agyagfrakció ($<0,002\text{ mm}$) mennyisége mintegy 20 %, a leiszapolható részé ($<0,02\text{ mm}$) pedig 40 % körüli. Az egyes alkotórészek közül a löszre jellemző 0,05-0,02 mm frakció mennyisége jelentős 35-50 %-kal.

A kicserélhető kationok közül az egész talajszelvényben a Ca^{++} az uralkodó. A vizes kivonat elemzési adatai szerint a vízben oldható sók mennyisége kicsi, 1 mgé/100g, és növénytermesztési szempontból jelentéktelennek tekinthető. Minőségi összetételét tekintve a Ca^{++} és HCO_3^- mellett a Mg^{++} és a SO_4^{--} említésre méltó. Tekintettel a talajképző lösz vastagságára a talajvíz tükre mélyen helyezkedik el és a talajképződésben különösebb szerepet nem játszik. A kísérleti telep talajának általános jellemzésére a 1. táblázatban mutatunk be néhány adatot egy kiragadott szelvény alapján.

1. táblázat A Kísérleti Telep talajszelvényének jellemzése (Szűcs, 1965)

Mintavétel mélysége, cm	pH		CaCO_3 %	K_A	hy	Humusz %
	H_2O	KCl				
0 - 25	8,0	7,8	6,3	38	2,3	3,4
25 - 40	8,4	8,2	15,5	45	2,3	2,8
40 - 60	8,4	8,2	21,4	43	1,9	2,0
60 - 90	8,6	8,4	33,2	39	1,5	1,2
90 -130	8,6	8,4	32,7	37	1,2	0,5

A szóban forgó talajok szerkezeti állapotát tekintve a nagyfokú felszíni tömörödéssel, illetve cserepedési hajlamra kell felhívni a figyelmet. A tömörödés olyan mértékű, hogy nagyobb eső alkalmával a csapadék egy része elfolyik és barázdás eróziót is okozhat, jóllehet a felszín lejtése alig észrevehető. Ezekben a magas mésztartalmú, tömörödéssel amúgy is hajlamos talajokon a művelt réteg talajának szerkezete az érintetlen, szántás alatti humuszos szinthez képest

leromlott. Ez a leromlás a morzsák vízállósága alapján mintegy 40-70 % nagyságrendű (2. táblázat). A kísérleti terület szántott rétegének könnyen felvehető P-tartalma a kísérletek beállítása előtt gyenge, míg a K-tartalma viszonylag kielégítő ellátottságról tanúskodik (AL-P₂O₅=6-8 mg %, AL-K₂O=15-20 mg %).

2. táblázat Vízálló morzsák aránya a Kísérleti Telep egyik talajszelvényében (%)

Mintavétel mélysége, cm	1 mm-nél kisebb	1 mm-nél nagyobb	Összes vízálló morzsa
0 - 20	12-20	10-16	22-36
20 - 32	14-18	37-46	51-64
32 - 100	12-15	41-53	53-68
100 - 130	2 - 3	10-21	12-23

Kísérletünket 1973 őszén állítottuk be a MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom tala-jon. A korábban már ismertett termőhely jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságot jelzett a talajvizsgálatok alapján. A 3 tényezős NPK műtrágyázási kísérletben mindhárom tápelemet 4 szinten adagoltuk. Az ismétlések száma 2, az összes parcellák száma 128 volt, mert 64 kezeléssel minden lehetséges kombinációt létrehoztunk.

A kísérletben nem a szokásos kisebb-nagyobb adagokat alkalmaztuk, nem is hatásgörbe felvétele volt a cél, hanem az eltérő tápláltsági szituációk, minőségileg különböző tápelemellátottsági szintek tanulmányozása. Megjegyezzük, hogy a melioratív trágyázással létrehozott PK ellátottsági tartományok évenkénti fenntartó trágyázás nélkül gyorsan süllyedtek, ezért a feltöltő PK trágyázást 6-8 évenként megismételtük. A parcellákat megfeleztük és az utóhatások mérésén túlmenően a fenntartó trágyázást is tanulmányozhattuk évenkénti PK trágyázással (Kádár 1978, Sarkadi 1979, Kádár et al. 1989, Csathó és Kádár 1990, Kádár és Csathó 1991).

Az első 2 évben az őszi búza, a második 2 évben a kukorica ásványi táplálásával foglalkoztunk. A későbbi években igyekeztünk megismerni minden fontos szántóföldi növényünk viselkedését eltérő tápláltsági állapotokban és kidolgozni azokat a módszereket, melyekkel a növények tápláltsági állapota ellenőrizhető és előrejelezhető.

E kísérletekben számszerű összefüggéseket állapítottunk meg az egyes növényfajok tápláltsági állapota és szarazanyag termelése, ásványi összetétele (makro- és mikroelemek felvétele a tenyészidő folyamán), minőségi jellemzői, gyomosodási viszonyai, betegséggellenállósága között. A növények tápláltsági állapotát talaj- és növényvizsgálatokkal jellemeztük, illetve talajvizsgálati és növénydiagnosztikai határértékeket dolgoztunk és dolgozunk ki az egyes növényfajokra. A kórtani felvételezéseket dr. Vörös József és Léránthné Szilágyi Judit (MTA Növényvédelmi Kutató Intézete), a gyomfelvételezéseket dr. Radics László (GATE Földműveléstani Tanszéke) végezte. A speciális ipari növények termesztésével, ipari minőségük vizsgálataival összefüggő munkákat minden esetben az egyes növények hazai "gazdáival" közösen végeztük (söripar, növényolajipar, kenderipar, cukoripar stb.).

Kutatásaink során arra a következtetésre jutottunk, hogy csak a megfelelő agronómiai háttér és a növénytermesztési gyakorlatba ágyazott szabadföldi kísérletezés teheti lehetővé a tápláltság-hozam-minőség-betegségek (gyomok) közötti számszerű kapcsolatok feltárását. Tenyészedeny kísérletekben, kontrollált körülmények közötti mesterséges fertőzéssel pl. egy-egy részprobléma tisztázására valóban sikerrel vállalkozhatunk (Sz. Nagyné és Kádár 1990, Kádár és Sz. Nagyné 1990). De az egész jelenség nem ismerhető meg, nem tárható fel a mechanizmusok és törvényszerűségek tenyészedeny vizsgálatokkal, hiszen ott úgy mint a természetben, meg sem jelenhetnek.

A P és K műtrágyákat, valamint a N adagjának felét ősszel szántás előtt, a N másik felét fejtárgyaként tavasszal szórtuk ki 25-28 %-os pétisó, 18 %-os szuperfoszfát és 50 %-os kálisó formájában. A N műtrágyázás 0, 100, 200, 300 kg/ha/év mennyiséget jelentett, míg a talaj eltérő P és K ellátottsági szintjeit 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P₂O₅, ill. K₂O feltöltő egyszeri adagokkal hoztuk létre 1973 őszén (3. táblázat).

3. táblázat Műtrágyázási szintek és műtrágyaformák a kísérletben

Tápelem	0	1	2	3	Műtrágyaforma
N (évente)	0	100	200	300	25 %-os pétisó
P ₂ O ₅ (1973 ősz)	0	500	1000	1500	18 %-os szuperfoszfát
K ₂ O (1973 ősz)	0	500	1000	1500	50 %-os kálisó

A 4N4K4P ellátottság minden lehetséges kombinációját beállítottuk 4x4x4=64 kezeléssel, 2 ismétlésben, összesen 128 parcellán. Ezzel elértük, hogy minden olyan tápláltsági szituációt létrehozunk (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott vagy káros), melyek az üzemek gyakorlatában előfordulnak vagy a jövőben előfordulhatnak. A 4³ típusú kísérlet előveteménye 4 éven át lucerna volt, a parcellák mérete 6x13=78 m₂-t jelentett beállításkor. A következő év őszén, 1974-ben a parcellákat megfelleztük és 1 m-es úttal választottuk el.

A 6x6=36 m₂ területű parcellákon (az így kapott új, második 128 parcellás kísérletben) egységesen 200 kg/ha N-t adagolunk és az első évben kialakított P és K ellátottsági szinteken 0, 50, 100 kg/ha P₂O₅, ill. 0, 100, 200 kg/ha K₂O trágyázást folytatunk évente. A mérsékeltebb P és K adagok közelítően a terméssel kivont P és K mennyiségeinek felelnek meg. Arra a kérdésre keressük e második kísérletben a választ, hogy a korábban létrehozott eltérő P és K ellátottsági szintek hosszabb távon, néhány évtized elteltével esetleg miképpen őrizhetők meg a talajban. A kísérlet összes területe utakkal és szegéllyel együtt meghaladja az 1 ha-t.

Egyes vélemények szerint ugyanis nem szükséges a jól ellátott talajon a P és K teljes pótlására törekedni. Hosszabb távon mindez persze a jó ellátottság elvesztéséhez és terméscsökkenéshez vezet. Mások szerint a már jól ellátott talajokon a mérlegelv alkalmazható. Elégséges a termésekkel elvitt elemeket pótolni trágyákkal és így fenntartani a talaj termékenységét. Többen viszont arra hívták fel a figyelmet, hogy a jó ellátottság megőrzése 20-50 % többletet is igényelhet a visszapótlásnál egyes talajokon. Két alapvető kérdést kell tehát megválaszolnunk: milyen mérvű feltöltést igényelhet a gyengén ellátott talaj, ill. az optimális ellátottsági szint miként tartható fenn trágyázással?

III. A kísérlet eredményei 1984 és 2000 között

1. Műtrágyázás hatása a repcére (*Brassica napus L.*) 1984

1.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az őszi káposztarepce (*Brassica napus L. ssp. oleifera*) a napraforgó után a második legfontosabb olajnövényünk. Területe az utóbbi évtizedben 60-100 ezer ha körül alakult. Az 1870-es évek végén hazánkban 350 ezer kh-on vetettek repcét, majd termelése drasztikusan csökkent. *Cserhádi (1901)* szerint ennek fő oka nem az olcsó ásványi világítóolaj, a petróleum megjelenése volt, hanem a termelés bizonytalansága. A repce egyaránt érzékeny az aszályra, rovarkárra és a tápanyaghiányra. Nem lehet eleget trágyázni alá, illetve a “sovány földben repcét termelni kárbaesett fáradság” - állapítja meg. Hasonló véleményt nyilvánít előtte *Nagyváthy (1821)* és *Balás (1889)*, később *Grábner (1948)* és *Láng (1976)* is hangsúlyozva, hogy e növény hagyományosan a trágyázott fekete ugarba került a jövedelmezőbb termelés érdekében.

A repce ősszel 5-8 leveles hajtást képez, mely földhöz lapult rozettát alkot. Tavasszal részbeni levélváltást követően indul meg a főhajtás, mely elágazik. Az elágazással (2-10 db) arányos a virágok száma, mert idővel az alsóbbrendű elágazások is virágoznak. *Geisler (1988)* szerint ritka vetésnél több elágazás képződik. A virágok 5-20 %-a termékenyül meg és ebből 40-60 % képez becőt, melyek száma növényenként akár a 200-at is elérheti. A mellékajtásokon 19-24 db magszámmal kevesebb becő, a becőkben pedig kevesebb mag képződik mint a főhajtáson. Az 1000-mag tömege 3-6 g, a gyökér 30-40 %-a a szárnak.

A tápanyagellátás befolyásolja a termésszerkezetet. Változhat a tőszám, a növényenkénti elágazások és becők száma, a becőnkénti magszám, 1000-magtömeg, olaj %-a. Már ősszel részben eldől a termés sorsa. Az oldalelágazások száma kb. az őszi levélszámmal azonos. Régi megfigyelés szerint “ahány levéllel megy a repce a télbe, annyi q terméstöbblettel fizet.” A gyengén fejlett őszi állomány már nem hozhatja be fejlődésbeni hátrányát tavasszal. A termés elemek között fennáll a kiegyenlítődségre való törekvés: negatív kapcsolat van a tőszám és elágazások száma, a becőszám és a becőbeni magszám, magszám és 1000-magtömeg, valamint a mag olaj és fehérje %-a között (*Eöri 1986, Geisler 1988, Amberger 1980*).

A termésszerkezetet befolyásolja az időjárás is, mely a trágyahatások irányát és mértékét behatárolhatja. A repce ÉNy-Európa fő olajnövénye, ahol az óceáni hatások uralkodnak. A hosszúnappalos növény hűvös, párás nyarú vidékeken díszlik igazán, mert érés idején is vízigényes. Egyaránt igényli a talaj és a levegő nedvességtartalmát. Itt az újabb fajtákkal és agrotechnikával a 3-4 t/ha magtermés elérhető és a legnagyobb olajhozamot biztosítja ha-onként. A szalma + becő tömege a mag 2-3-szorosa (*Andersson et al. 1958, Cooke 1981*).

A kontinentális, forró és száraz nyarú tájakon a tenyészidő generatív szakasza lerövidül, az érés gyorsul és a magtermés lecsökken. Aszály esetén kényszerérés következik be, a vegetatív részek (gyökér, szár, lomb) mobilizálható tápelemkészlete nem juthat a magba. Ilyenkor csökken a megtermékenyülés is, tehát

nemcsak kisebb, hanem kevesebb mag képződik. Itthon más fajtákra van szükség, más agrotechnikát, trágyázást kell folytatnunk. A ny-európai tapasztalatok nem vehetők át minden további nélkül. Hazai viszonyaink között pl. a mag és a melléktermék aránya tágga válik, alföldi jellegű vidékeken a szalma+becő tömege a maghozam 4-6-szorosa is lehet. Ebből adódóan eltérő lesz a növény fajlagos tápelemtartalma ill. trágyaigénye stb.

Eöri (1986) repce monográfiájában megállapítja, hogy míg a búza és kukorica termésátlagait az elmúlt évtizedekben többszörösére növeltük, a repce termésátlaga stagnált. Véleménye szerint ennek fő oka, hogy „.. extenzív körülmények között próbáltunk jobb terméseket elérni.” A 2 t/ha alatti maghozam nem igazán jövedelmező. A sokoldalú hasznosíthatóság azonban mindenképpen indokolja a vetésterület növelését. A repce szerepelhet a zöld takarmánykeverékekben, legeltethető, másodvetésre alkalmas zöldtrágyának is, karógyökere a talaj szerkezetét javítja, szalmája leszántva a talaj felvehető elemkészletét növeli, olaja keresett és drága, pogácsája fehérjében (és lizinben) gazdag, a kalászosok gépeivel gépesítése megoldott, és kiváló előveteménye a búzának.

Sajnos a hazai szakirodalom nem bővelkedik a repce ásványi táplálására vonatkozó közlésekben. A német és németalföldi, francia és angol nyelvterületeken azonban az 1800-as évek végéig visszanyúló hagyománya van a kísérletes vizsgálatoknak. A hazai szerzők többsége a német tapasztalatokat általánosítja. Így pl. *Floderer (1910)* a repce ill. az őszi vetések trágyázásáról értekezve *Remy (1909)* adataira támaszkodik. Mindez tükröződik *Balás (1889)*, *Cserhádi (1901)*, *Grábner (1948)* szemléletén is. *Eöri (1986)* jórészt külföldi eredményeket taglal könyvében, *Bocz (1976)* és *Antal (1978, 1987)* viszont részletes adatokat nem közöl az egyes elemek hatásairól.

A tavaszi N-fejtrágyázás eredményességét *Németh és Karamán (1986)* elemezte Zalában, szabadföldi kísérletekben. Megállapításaik szerint a 140 kg/ha N-adag tavaszi megosztása nem indokolt. A repce kiemelkedő N-igényét már a korai kísérletek kimutatták (*Liebscher 1887*, *Remy 1909*). A N-adaggal a szárazanyag hozama, ill. a magtermés szinte lineárisan nőhet. A N-bőség ugyan enyhén mérsékelheti az olaj %-át, de az olajhozam a magterméssel javul. Hasonló eredményre jutott a közelmúltban *Soper (1971)* Kanadában, aki tavaszi repcével 23 szabadföldi kísérletet állított be. A talaj 0-60 cm-es rétegének tavaszi NO₃-N készlete és a N-hatások között jó összefüggést talált. Ahol a talaj N-ben igen szegény volt, ott 269 kg/ha N-adagig fennállt a lineáris pozitív kapcsolat a terméssel.

A repce számára az altalaj minősége is fontos, karógyökere mélyre hatol. A gyökér azonban gyenge felépítésű, a növény könnyen kinyútható, ezért már kezdetben sok felvehető tápelemet igényel. Mindez igaz a P-ellátás tekintetében is. A P-hiány gátolja a korai fejlődést, kitolódik az érés, a magtermés visszaszorul. A szuperfoszfát összetételénél fogva kielégítheti a repce P-, S- és részben Ca-igényét. Ny-Európa művelt talajai P-ral feltöltöttek, az újkori irodalom érdemi P-hatásokról nem tudósít. A jelentős vegetatív tömegbe épült nagymérvű K-felvétel ellenére K-hatások ritkák. A repcét általában kötöttebb mélyrétegű talajokon termesztik, ahol K-igényét kielégítheti. A felvett K döntő része a táblán maradhat az éréskor lehulló lombbal, ill. visszakerül a talajba a leszántott mellékterméssel.

Legutóbb *Németh (1988)* foglalta össze részletesen a repce trágyázásával foglalkozó nemzetközi tapasztalatokat, így rátérünk saját kísérleti eredményeink bemutatására.

1.2. Anyag és módszer

A kísérlet 11. évében, 1984-ben Yet Neuf francia fajtájú erukasav-szegény repcét termesztettünk. Az OMFI 1981. évi kisparcellás kísérletei szerint a fajta képes lehet 3 t/ha magtermésre 40-42 % olajtartalommal, ill. 1,2 t/ha olajhozammal. Tenyészideje kb. 280 nap, 1000-mag tömege 4-5 g, erukasav képlete 1,8 % átlagosan. Kísérletünkben a vetés 09. 14-én történt 24x5 cm kötésben és 20 db/fm, ill. 5 kg/ha elvetett mennyiséggel. Állományfelvételezést végeztünk télbemenetel idején 11. 30-án, majd tavasszal 03. 27-én. Megállapítottuk a gyomfajok számát és a növényborítottságot is parcellánként.

Növénymintavételek parcellánként az alábbiak voltak: törőzsás állapot végén hajtás, virágzáskor gyökeres növény és kifejlett levél külön-külön, teljes érésben gyökeres növény. Aratás parcellakombájnnal történt. A hajtás, gyöker, levél, szár, mag növényi szervek (7x128=896 db átlagminta) friss és légszáraz tömegének meghatározása után a 2-2 ismétlés anyagát összedaráltuk és a 7x64 kezelés = 448 mintát analizáltuk 10 elemre, cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ feltárást követően. A magtermés olajtartalmát és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriuma vizsgálta *Lukács Dánielné* irányításával.

Talajmintavételek parcellánként az alábbiak voltak: tavasszal 20 cm-es rétegenként 60 cm mélységig vettünk átlagmintákat 20 fűrés/parcella anyagából képezve. Betakarítást követően a 000, 111, 222, 333 NPK-jelű, eltérő műtrágyaterhelésű kezelések parcelláin végeztünk 6-6 pontban mélyfűrészt 20 cm-es rétegenként és 300 cm mélységig. Tavasz mintákban meghatároztuk a KCl-kieserélhető NH₄-N és a KCl-oldható NO₃-N, valamint az AL-oldható PK-tartalmakat. Az őszi mélyfűrés mintaanyagát a Velencei Növény- és Talajvédelmi Állomás vizsgálta meg a MÉM NAK hálózatában elfogadott paraméterekre és módszerekkel (*MÉM NAK 1979*).

Mivel a talajvíz mélyen helyezkedik el, a növények vízellátását döntően a csapadék határozza meg. Főként a kukorica aszályérzékeny ezen a termőhelyen. 1984-ben 619 mm csapadék hullott, a sokévi átlagot (590 mm) némileg meghaladva. Az elővetemény (mák) júliusban lekerült a területről, az aszályos nyáron száraz talajt hagyva maga után. Ezt követően az alábbi havi csapadékösszegeket mértük: VIII. 51 mm, IX. 10 mm, X. 42 mm, XI. 32 mm, XII. 10 mm, I. 63 mm, II. 32 mm, III. 22 mm, IV. 33 mm, V. 75 mm, VI. 48 mm, VII. 23 mm. Elméletileg a repce az 1983. VIII. és 1984. VI. közötti időszak 11 hónapjának összesen 419 mm csapadékát hasznosíthatta a mintegy 10 hónapos tenyészideje alatt. A virágzástól teljes érésig tartó 2 hónap alatt viszont a szokásosnál is szárazabb nyári idő köszöntött be, a repce kényszerérését előidézve. A kísérlet 9-16 éve alatti csapadékösszegek megoszlását, éves, negyedévenkénti és tenyészidő alatti bontásban, valamint a növényi sorrendet korábbi közleményünk foglalta össze (*Kádár és Földesi 2001*).

1.3. Termés, elemösszetétel, minőség

A kísérlet 11 éve alatt felhasznált hatóanyagok mennyiségeit, valamint a talaj 0-60 cm rétegének $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ és $\text{AL-K}_2\text{O}$ készletét az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat Alkalmazott műtrágyázás és a talaj oldható elemkészlete, 1984

Műtrágyázás, mintavétel	Műtrágyázási szintek 1973-1984				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	.	150
N kg/ha/11 év	0	1100	2200	3300	-	1350
P ₂ O ₅ kg/ha/11 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O kg/ha/11 év	0	1000	2000	3000	-	1500
KCl-kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ mg/kg (N-szinteken)						
0-20 cm	8	8	9	8	2	8
20-40 cm	8	9	8	8	1	8
40-60 cm	8	8	7	8	1	8
KCl-oldható $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/kg (N-szinteken)						
0-20 cm	7	13	19	26	2	16
20-40 cm	6	11	18	26	2	15
40-60 cm	9	17	31	49	4	26
$\text{NO}_3\text{-N}$ kg/ha (N-szinteken)						
0-60 cm	66	123	204	303	36	171
AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg (P-szinteken)						
0-20 cm	76	150	292	470	36	247
20-40 cm	46	58	93	126	16	81
40-60 cm	38	42	51	68	7	50
AL-oldható K ₂ O mg/kg (K-szinteken)						
0-20 cm	130	144	186	263	8	181
20-40 cm	103	98	114	138	13	113
40-60 cm	75	73	78	77	9	76

Az adatok szerint a KCl-kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ koncentrációi nem változtak sem a mélységgel, sem a kezelésekre hatására, a $\text{NO}_3\text{-N}$ maximumát a 40-60 cm rétegekben találjuk. A 0-60 cm talajréteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 66, 123, 204, 303 kg/ha mennyiséget tehetett ki tavasszal a N-kezelések függvényében. Az AL-oldható P₂O₅ mennyisége 76-ról 470 mg/kg-ra dúsult a P-terhelés nyomán, a gyenge ellátottságtól az extrém P-túlsúlyos talajt is magában foglalva a szántott rétegben. Mérsékeltén az altalaj is gazdagodott. Az AL-K₂O koncentrációk kevésbé látványosan nőttek, a talaj eredeti "közepes" K-ellátottsága "jó" ellátottsági kategóriába került.

2. táblázat PxK ellátás hatása a repce fejlődésére, 1983						
AL-K ₂ O	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
mg/kg	76	150	292	470	36	247
Bonitálás fejlettségre						
130	1,1	3,1	3,4	3,1		2,7
144	1,0	3,9	3,9	3,8	0,6	3,2
186	1,4	3,6	3,9	4,2		3,3
263	1,9	3,9	4,4	4,2		3,6
Átlag	1,3	3,6	3,9	3,8	0,3	3,2
Tőszám db/fm						
130	15	13	16	14		15
144	16	16	16	17	5	16
186	18	18	16	15		17
263	19	15	14	14		15
Átlag	17	16	16	15	3	16
Levelek száma db/növény						
130	3,2	4,5	4,9	4,9		4,4
144	3,2	4,8	4,6	5,0	0,4	4,4
186	3,4	5,0	5,0	5,2		4,6
263	3,5	5,0	5,1	5,1		4,7
Átlag	3,3	4,8	4,9	5,1	0,2	4,5
Repce-borítottság %-a						
130	31	52	51	42		44
144	33	58	55	59	19	51
186	48	62	61	61		58
263	45	65	69	65		61
Átlag	39	59	59	57	9	54

Bonitálás: 1 - gyengén fejlett apró levelekkel, 5 - jól fejlett nagy levelekkel.
 Állományfelvételezést végezte: Réti Ágnes (Növényolajipari Kutató Intézet)

Klasszikus német források (*Liebscher 1887, Remy 1909*) a repce extrém nagy N-igényéről és N-felvételéről tudósítanak, ezért az őszi N-trágyázás fontosságát hangsúlyozzák. A 2. táblázatban bemutatott, 11. 25-én végzett állományfelvételezés szerint a repce fejlettségét a PxK ellátás határozta meg. A N-trágyázás hatása nem volt igazolható. A növények ekkor még kielégíthették N-igényüket a 11 éve N-nel nem trágyázott talajon is. A tőszám átlagosan 16 db/fm, azaz 64 db/m² volt, tendenciájában csökkent a P-ellátással.

A növényenkénti átlagos levélszám 3,2-ről 5,1-re emelkedett, döntően a javuló P-ellátással. A PK kontroll talajon gyengén fejlett apró levelek, míg a kielégítő PK-ellátottságon jól fejlett nagyobb levelek jelentek meg. Mindezek eredményeképpen a repceborítottság %-a a kontrollhoz viszonyítva megkétszereződött. A "kielégítőnek" tekinthető PK-ellátottságot ezen a talajon a 150-200 mg/kg AL-P₂O₅, ill. AL-K₂O tartomány jelentheti a szántott rétegben (2. táblázat). Az adatokból az is látható, hogy bár a kielégítő PK-ellátottság gyorsította a repce őszi fejlődését, a télbemenetel előtt kívánatos 6-8 leveles törzsa fejlettséget az állomány nem érte el a száraz őszön.

Amint a tavaszi gyomfelvételezés adataiból kitűnik, a kielégítő PK-ellátottságon fejlődő repce fejlettségbeni előnye megmaradt, a repce borítottsági %-a több mint kétszerese a kontrollnak. A növény kiváló gyomelnyomó képességét bizonyítja, hogy az átlagos gyomborítottság 5 % alatt maradt. A jól táplált állomány erősebb konkurenciát jelent a gyomokkal szemben. Az átlagos gyomborítás 7-ről 4 %-ra, az átlagos gyomfajszám 7-ről 4-re mérséklődött a kielégítő PK-ellátottságú parcellákon. A *Reseda lutea* és a *Diploaxis muralis* 1 % feletti borítottságot mutatott, mely a P-ellátás javulásával igazolhatóan csökkent. A kísérletben összesen 9 gyomfajt azonosítottunk (3. táblázat).

3. táblázat P _x K ellátás hatása a növényborítottságra, 1984						
AL-K ₂ O mg/kg	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Repce borítottság %-a						
130	36	74	74	74		64
144	41	84	78	80	14	71
186	50	77	80	77		71
263	48	81	83	80		73
Átlag	44	79	79	77	7	70
Gyomborítottság %-a						
130	7,0	5,3	6,2	5,7		6,0
144	6,4	3,3	5,1	4,2	3,2	4,7
186	4,1	5,9	4,8	3,2		4,5
263	6,4	3,0	4,4	4,0		4,5
Átlag	6,0	4,4	5,1	4,3	1,6	4,9
Gyomfajok száma db						
130	7,1	5,5	5,4	4,9		5,7
144	7,8	4,9	5,5	3,8	2,0	5,5
186	6,8	4,9	4,6	5,2		5,4
263	7,5	3,5	4,4	4,0		4,8
Átlag	7,3	4,7	5,0	4,4	1,0	5,4
Reseda lutea %-a						
Átlag	1,8	1,6	0,9	1,1	0,7	1,4
Diploaxis muralis %-a						
Átlag	1,9	1,2	1,2	0,8	0,6	1,3

Egyéb gyomfajok előfordulása: *Sisymbrium sophia*, *Chenopodium album* és *hybridum*, *Bilderdyhia convolvulus*, *Camelina microcarpa*, *Convolvulus arvensis*, *Stachys annua*.

Tanulságos összevetni az érés kezdetén végzett állományfelvételezés eredményeit a korábbi hasonló adatokkal. Amint a 4. táblázatból kitűnik, a trágyahatások iránya és mértéke megváltozott. A K-hatások megszűntek, a növények K-felvételük minimumát szemmel láthatóan fedezni tudták az oldható K-mal közepesen ellátott mélyrétegű vályog talajon. Mérséklődtek a P-hatások is a korai fejlődési stádiumhoz viszonyítva és megjelentek a N-hatások. Meghatározóvá az NxP ellátás vált.

4. táblázat NxP ellátás hatása a repcére érés kezdetén, 1984

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Földfeletti zöld tömeg kg/fm*						
0	0,57	0,58	0,59	0,61		0,59
100	0,58	0,83	0,91	1,11	0,26	0,86
200	0,79	1,21	1,18	0,87		1,01
300	0,63	0,91	1,06	1,04		0,91
Átlag	0,64	0,88	0,94	0,94	0,13	0,84
Növényszám db/fm*						
0	17	14	13	18		16
100	15	13	13	12	5	13
200	15	15	12	10		13
300	16	12	14	10		13
Átlag	16	14	13	13	3	14
Elágazásszám db/növény						
0	3,0	4,8	6,2	4,2		4,6
100	3,5	5,4	5,9	6,6	1,6	5,4
200	3,9	5,1	5,6	5,8		5,1
300	3,1	5,2	5,3	6,4		5,0
Átlag	3,4	5,1	5,5	5,8	0,8	5,0
Becőszám db/növény						
0	37	48	51	37		43
100	40	67	70	93	22	67
200	57	72	88	87		76
300	45	78	77	101		75
Átlag	44	66	71	79	11	65
Magasság cm/növény						
0	90	114	110	109		106
100	99	120	116	120	10	114
200	101	116	115	119		113
300	105	116	118	119		115
Átlag	99	116	115	117	5	112

* 4 fm = 1 m²

A földfeletti hajtás mennyisége közel megkétszereződött a javuló NP-kínálattal. A kontroll talajon kapott 0,5-0,6 kg/fm, azaz 20-23 t/ha zöld tömeg 40-42 t/ha-ra emelkedett. Az átlagos tőszám 14 db/fm, azaz 56 db/m². Csökkenés az őszi állapothoz képest döntően az NP-túltrágyázott kezelésekben következett be. Míg a kontroll talajon a tőszám 60 db/m² körüli maradt, az NP-túlsúlyos talajon 40 db/m². Az elágazások száma viszont 3,0-ról 6,4-re nőtt az NP-túltrágyázott és kiritkult növényeken. A növényenkénti elágazások számát döntően a P-ellátás szabályozta.

Az elágazások számával együtt nőtt a növényenkénti becők száma. Itt már a P és N ellátás hatása azonos súllyal szerepelt. Az elágazások száma valójában már

ősszel eldől, korrelál az őszi levélszámmal. A becőképzés későbbi szakaszban következik be, amikor már a N-hatások is megjelentek. Összefüggést találtunk az állomány magassága és az NP-ellátás mértéke között is. Az erőteljesen fejlett, jól táplált állomány 110-120 cm közötti magasságú volt. Ezt a magasságot már az évi 100 kg/ha N-adag, valamint a 150 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság biztosította (4. táblázat).

5. táblázat NxP ellátás hatása a légszáraz repce szerveinek termésére, 1984.

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Hajtás 04. 17-én, törőzsza, t/ha						
0	0,4	1,0	0,9	1,0		0,8
100	0,4	1,0	1,2	1,3	0,3	1,0
200	0,4	1,1	1,3	1,2		1,0
300	0,4	1,1	1,3	1,4		1,1
Átlag	0,4	1,1	1,2	1,2	0,2	1,0
Hajtás 05. 15-én virágzáskor, t/ha						
0	2,4	4,0	4,0	3,8		3,6
100	2,5	4,9	5,4	5,7	1,2	4,6
200	3,0	6,5	6,0	7,0		5,7
300	2,9	6,3	6,4	7,3		5,7
Átlag	2,7	5,4	5,5	6,0	0,6	4,9
Hajtás 07. 03-án érés kezdetén, t/ha						
0	7,6	7,7	7,9	8,1		7,9
100	7,7	11,1	12,1	14,8	3,5	11,5
200	10,5	16,1	15,7	11,6		13,5
300	8,4	12,1	14,1	13,9		12,1
Átlag	8,5	11,7	12,5	12,5	1,8	11,2
Szár 07. 23-án teljes éréskor, t/ha						
0	5,7	8,8	7,1	6,7		7,1
100	6,9	9,2	9,0	8,7	2,2	8,4
200	6,3	7,3	7,8	10,2		7,9
300	6,1	10,5	9,3	9,8		8,9
Átlag	6,3	9,0	8,3	8,9	1,1	8,1
Mag 07. 23-án teljes éréskor, t/ha						
0	0,8	0,8	0,8	0,8		0,8
100	1,0	1,5	1,6	1,6	0,4	1,4
200	1,0	1,6	1,7	1,6		1,5
300	1,1	1,6	1,6	1,8		1,5
Átlag	1,0	1,4	1,4	1,4	0,2	1,3

A repce légszárazanyag felhalmozásáról az 5. táblázat nyújt áttekintést az NxP ellátás függvényében. Szárbaindulás előtti törőzsza korban a növényállomány átlagosan 1 t, virágzáskor kereken 5 t, érés kezdetén 11 t, betakarításkor 9 t/ha földfeletti tömeget adott. A levélváltást követő alig 1 hónap alatt, a virágzásig tartó szárbaszökés idején a repce földfeletti légszáraz tömegét megötszörözte, majd újabb 1,5 hónapot követően ezt a tömeget több mint kétszeresére növelte. Ezek a

szakaszok igen intenzív fejlődést tükröznek, amikor a növények víz- és tápelemigénye szinte kielégíthetetlen.

Aratás idejére a légszáranyag tömege csökken a lehulló, leszáradó lombbal. A szár 8,1 t, a mag 1,3 t tömeget adott átlagosan 6,2 melléktermés/főtermés aránnyal. Kielégítő ellátottságot az évenként felhasznált 100 kg/ha N, ill. a tavaszi 0-60 cm réteg mintegy 120 kg/ha NO₃-N készlete, valamint a 150-200 mg/kg AL-P₂O₅ és AL-K₂O ellátottság jelenthet. E feletti tartományban szignifikáns terméstelebeletet betakarításkor már nem kaptunk.

Megemlítjük, hogy a törzsás hajtás tömegét a K-ellátás javulása is növelte, átlagosan 25 %-kal. A minimum-maximum hozamok ekkor 2-17 t/ha zöld, ill. 0,2-1,6 t/ha légszár tömeg között, tehát 8-szorosára változtak a kezelésektől függően. Virágzáskor az átlagos K-hatás 8 %-ra mérséklődött és a minimum-maximum hozamok 12-62 t/ha zöld, ill. 1,6-7,6 t/ha légszár tömeg közöttiek voltak, tehát mintegy 5-szörös különbségeket mutattak. Érés kezdetén K-hatás már nem jelentkezett, a minimum-maximum hozamok 20-55 t/ha zöld, ill. 5,6-18,1 t/ha légszár tömeget jeleztek, tehát a különbség harmadára szűkült. A betakarításkori szár és mag tömegében már csak 2-szeres különbséget találtunk a minimum-maximum hozamokban.

Ritkán adódik alkalom a szabadföldi kísérletező számára, hogy a növény föld alatti szervét is vizsgálja. A repce kinyűhető gyökértömege virágzáskor átlagosan 1,5 t/ha légszár anyagot képviselt, közel 1/3-át tette ki a hajtásnak. Betakarítás idején 1,2 t/ha-ra csökkenő gyökértömeg a 10,6 t összes (mag+szár+gyökér) hozamnak kerekén 12 %-át, a mag+szár tömegének pedig 1/8-át tette ki. A hasznos termés aránya, a szár/mag hányados aránya a trágyázatlan talajon 7, míg a kielégítően ellátottnál 6 körül alakult, tehát érdemben javult (6. táblázat).

Gyökér hozamát az NPK-ellátás hasonló módon befolyásolta, mint a hajtását. Virágzás idején még 20 %-os átlagos K-hatás volt regisztrálható, döntőnek azonban az NxP ellátás bizonyult, mely a légszár tömeget megnégyszerezte. Betakarításkor a K-hatás nem volt igazolható, az NxP ellátással a gyökér tömege csupán megkétszereződött. Megemlíthető még, hogy az előregedő gyökér tömegvesztése elsősorban az NP-túlsúlyos kezelésekben következett be. Hangsúlyozni kell azt is, hogy itt a "könnyen kinyűhető" gyökértömegekről beszélhetünk, a talajban maradó rész valójában ismeretlen.

A virágzás, ill. levélfodrosodáskori levelek tömege szintén mutatta az NxP hatását, a kontrollhoz viszonyítva 2,5-szeres növekedéssel. A fiatal, de teljesen kifejlett, felülről 3. levél intenzíven részt vesz a fotoszintézisben, tápanyagai a becő és a mag képződésére fordítódnak éréskor. A nagyobb levéltömeg nagyobb levélfelületet és nagyobb mag-, ill. olajhozamot jelenthet. Tápelemkészlete hasznos útmutatással szolgálhat a növények tápláltsági állapotának diagnosztizálásában, a termés és minőség előrejelzésében (6. táblázat).

6. táblázat NxP ellátás hatása a légszáraz repce szerveinek termésére, 1984						
N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470	36	247
Gyökér 05. 15-én virágzáskor, t/ha*						
0	0,6	1,2	1,5	1,5		1,2
100	0,6	1,4	1,7	1,8	0,4	1,4
200	0,7	2,0	1,8	1,8		1,6
300	0,7	1,8	1,8	2,4		1,7
Átlag	0,7	1,6	1,7	1,9	0,2	1,5
Levél 05. 18-án, g/48 db						
0	8	9	9	9		9
100	10	14	14	15	2	13
200	11	16	16	17		15
300	12	17	18	18		16
Átlag	10	14	14	15	1	13
Gyökér 07. 23-án teljes éréskor, t/ha						
0	0,7	1,5	1,3	1,3		1,2
100	0,9	1,2	1,4	1,4	0,3	1,2
200	0,9	1,1	1,0	1,2		1,1
300	0,9	1,3	1,2	1,4		1,2
Átlag	0,9	1,3	1,2	1,3	0,2	1,2
Összes hozam 07. 23-án (mag+szár+gyökér), t/ha						
0	7,2	11,1	9,2	8,8		9,1
100	8,9	11,9	12,0	11,6	1,6	11,1
200	8,2	10,0	10,5	13,0		10,4
300	8,1	13,5	12,2	12,9		11,7
Átlag	8,1	11,6	11,0	11,6	0,8	10,6

* Átlagos K-hatás 20 %

A növény élettani aktivitásának fontos mutatója szöveteinek víztartalma. A 7. táblázatban áttekintést adunk a repce szerveinek víztartalmáról a tenyészidő folyamán. Amint a bemutatott adatokból kitűnik, az előregedő növényi részekben csökken a vízkészlet, ill. nő a szárazanyag-tartalom. A betakarításkori állomány már a "légszáraz" állapotot képviseli (gyökér, szár, mag). A javuló N-ellátás, pontosabban a N-túlsúly nyomán igazolhatóan nő a víztartalom az egyes növényi mintákban, a növények fiatalabbak maradtak és némileg az érés is kitolódott. Legnagyobb különbségeket az intenzív növekedés és szárazanyag-képződés idején okoz a N-túlsúly. A virágzáskori hajtásban a kontrollon mért 83,9 %-ról 87,5 %-ra emelkedett a víztartalom.

7. táblázat N-ellátás hatása a repce víztartalmára 1984-ben, %

Növényi rész ill. szervek	N-trágyázás kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás ¹	88,4	90,1	90,8	90,5	0,4	90,0
Hajtás ²	83,9	86,0	87,4	87,5	0,6	86,2
Levél ³	86,1	87,0	86,7	87,1	0,8	86,7
Hajtás ⁴	66,0	66,7	67,0	67,0	0,5	66,7
Szár ⁵	16,0	16,4	16,5	16,7	0,3	16,4
Mag ⁵	11,2	11,5	11,6	11,8	0,2	11,5
Gyökér ²	64,6	67,2	67,5	67,8	2,7	66,8
Gyökér ⁵	15,2	15,6	15,6	15,6	0,3	15,5

¹04. 17-én (törözsa), ²05. 15-én (virágzás), ³05. 18-án (fodrosodás), ⁴07. 03-án (érés kezdete), ⁵07. 23-án (teljes érés).

Összefoglalás

- Az évenként adott 0, 100, 200, 300 kg/ha N hatására a 0-60 cm talajréteg NO₃-N készlete 66, 123, 204, 303 kg/ha mennyiséget tett ki tavasszal. A 11 év alatt adott 0, 1000, 2000, 3000 kg/ha P₂O₅, ill. K₂O adag nyomán az eredeti kontroll talaj ammonlaktát (AL) oldható P₂O₅ tartalma 76-ról 470 mg/kg, a K₂O tartalma 130-ról 263 mg/kg értékre nőtt a szántott rétegben.
- Ősszel 11. 25-én, a javuló PxK ellátás nyomán a növényenkénti átlagos levélszám 3,2-ről 5,1-re nőtt és a talaj repcével való fedettsége 31-ről 65 %-ra emelkedett. Bár különösen a P-ellátás javulásával gyorsult a repce fejlődése, a száraz őszen az állomány fejlettsége nem érte el a kívánatos 6-8 leveles állapotot. Tavasszal az átlagos gyomborítottság 5 % alatt maradt. A kielégítő PK-ellátottság nyomán a kontroll talajon mért gyomborítottság 7-ről 4 %-ra, az átlagos gyomfajsza 7-ről 4-re mérséklődött. A megfelelő táplálás a repce gyomelnyomó képességét növeli. N-hatásokat az őszi/tavaszi törözsa stádiumban nem lehetett igazolni még a 11 éve N-nel nem trágyázott talajon sem.
- Érés kezdetére a K-hatások megszűntek ezen a mélyrétegű vályog talajon. Mérsékeltebb P-hatásokat regisztráltunk, ill. kifejezetté az NxP ellátás vált. Az emelkedő NP-ellátással a tőszám 30-40 %-kal csökkent, viszont a növényenkénti elágazások száma 2-szeresére, a növényenkénti becőszám 2-2,5-szeresére nőtt. A növények átlagos magassága is 25-30 %-kal haladta meg a trágyázatlan növényekét. A N-trágyázás nyomán a repce szerveinek víztartalma igazolhatóan emelkedett és az érése némileg kitolódott.
- A talaj NPK-ellátottságától függően az alábbi minimum-maximum hozamokat mértük a kísérletben: 04. 17-én 2-17 t/ha zöld, ill. 0,2-1,6 t/ha légszár; virágzáskor 12-62 t/ha zöld, ill. 1,6-7,6 t/ha légszár; érés kezdetén 20-55 t/ha zöld, ill. 5,6-18,6 t/ha légszár anyag. Teljes érésben 5,7-10,5 t/ha szár, ill. 0,7-1,8 t/ha mag légszár anyag. Törözsas korban tehát 8-szoros, virágzáskor 5-szörös, érés kezdetén 3-szoros, teljes érésben (mag, szár) 2-szeres különbségek adódtak a kezelések függvényében a trágyázatlan kontroll és az optimális NPK ellátottság között.

5. A repce optimális PK-ellátottságát a 150-200 mg/kg ammonlaktát (AL) oldható P_2O_5 , ill. K_2O tartomány jelentheti a szántott rétegben ezen a talajon, valamint az évenként adott 100 kg/ha körüli N, ill. a 0-60 cm talajréteg 100-150 kg/ha NO_3-N készlete vetés előtt vagy tavasszal. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a hazai szaktanácsadás számára.

1.4. A repce elemtartalma és elemfelvétele

Becker-Dillingen (1934) szerint amennyiben a repcét tavaszi zöldtakarmányként hasznosítjuk és a virágzás elején takarítjuk be, a 20-40 t/ha zöldtömeggel 100-186 kg N, 9-49 kg P_2O_5 , 110-250 kg K_2O , 66-201 kg CaO, 12-24 kg MgO felvétellel számolhatunk. A maximális felvétel érés kezdetén jelentkezik, majd az előregedő lehulló lombbal a felvett elemek 20-40 %-a aratásig visszakerülhet a talajba. A virágzás elejei zöldtakarmányban még sok a K és a nyersfehérje tartalma a 17-27 %-ot is elérheti, főként a bőséges N-trágyázással. A N-túlkínálat a szárazanyag-tartalmat 4-5 %-kal csökkentheti.

A magra, ill. olajra termesztett repce tápelemigényét a fajlagos, azaz 1 t mag és a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma alapján becsüljük a szaktanácsadásban. *Sarkadi (1975)* 50-25-40, *Bocz (1976)* 50-25-45, *MÉM NAK (1979)* 55-35-43 N- P_2O_5 - K_2O kg fajlagossal számol. Az adatok közelállóak, mert *Sarkadi (1975)* irodalmi adatokat feldolgozó munkájára alapozódnak. A hazai szakirodalmi közlések valódi gyökereit azonban a klasszikus német munkákban kereshetjük. *Floderer (1910)* által került hozzánk a 60 kg N, 30 kg P_2O_5 , 54 kg K_2O , 51 kg CaO fajlagos mutató *Remy (1909)* németországi méréseire támaszkodva. *Láng (1976)* adataiból számolt 50-60 kg N, 25-50 kg P_2O_5 , 40-60 kg K_2O szintén német tapasztalatokat tükröz és 2 t mag + 4,4 t melléktermésre vonatkozik.

ÉNy-Európa óceáni klímája alatt, az újabb nagyhozamú fajtáknál alacsonyabb fajlagos tartalmak jelentkeznek, mert a melléktermés/magtermés aránya szűkebb, 1:2-3 körüli. Így pl. *Andersson et al. (1958)* 4 t mag és 8 t/ha körüli melléktermés esetén 42 kg N, 14 kg P_2O_5 , 20 kg K_2O , 63 kg CaO, 7 kg MgO; *Schultz (1972)* Dániában 4 t mag + 9 t/ha melléktermésnél 60 kg N, 23 kg P_2O_5 , 79 kg K_2O , 72 kg CaO, 9 kg MgO fajlagos összetételt kapott. Itthon a nyári kényszerérések miatt a magtermések alacsonyabbak, a melléktermés/főtermés aránya pedig 1:4-8 körülire tágulhat. Ebből adódóan a fajlagos mutatók eltérnek, nagyobbak. *Kádár (1992)* a hazai tapasztalatok alapján ezért 100 kg N, 45 kg P_2O_5 , 120 kg K_2O , 100 kg CaO, 34 kg MgO fajlagos elemigényt javasolt a szaktanácsadásnak a korábban elfogadott és *Antal (1987)* által is közreadott 55 kg N, 35 kg P_2O_5 , 43 kg K_2O , 50 kg CaO, 10 kg MgO irányszámok helyett.

Andersson et al. (1958) sokat idézett, a nyugat-európai szakirodalomban ma már klasszikusnak számító adataival összevetve *Kádár (1992)* által javasolt fajlagosokat azt tapasztaljuk, hogy hazai viszonyaink között a N kereken 2,4, a P 3,2, a K 6,0, a Ca 1,6, a Mg közel ötszöröse lehet a Svédországban kapott fajlagosoknak.

A *MÉM NAK (1982)* által végzett vizsgálatokban, 8 termőhelyen Vas és Zala megyében az alábbi fajlagos mutatókat nyerték 1,5-2,5 t/ha magtermés és 10-20 t/ha melléktermés, ill. 1:5-8 körüli melléktermés/főtermés arány esetén: 50-100 kg

N, 22-40 kg P₂O₅, 50-124 kg K₂O, 38-80 kg CaO, 11-20 kg MgO, 350-500 g Fe, 90-140 g Mn, 100-160 g Zn, 10-50 g Cu. A fajlagos tartalom, ill. a melléktermés/főtermés aránya tehát a nyugati megyéinkben is tág a ny-európai adatokhoz képest.

Mivel a repcét szinte kizárólag olajnyerés céljából termesztjük, döntő lehet a magtermés mennyiségén kívül olajtartalma és zsírsavösszetétele, azaz a minősége. Az általunk termesztett Yet Neuf erukasav-szegény fajta zsírsavösszetétele a NÖMOV (1980, in: Eöry 1986) vizsgálatai szerint az alábbi lehet: olajsav (C18:1) mintegy 59 %, linolsav (C18:2) 20 %, linolénsav (C18:3) 12 %, eicosénsav (C20:1) 3 %, erukasav (C22:1) 2 %, palmitinsav (C16) 2-3 %, sztearinsav (C18) 1-2 % átlagosan. Az olajtartalom 40-42 % körüli. A zsírsavösszetételből látható, hogy a 18 C-atomszámú, 1-3 telítetlen kötést tartalmazó savak alkotják a készlet 95-98 %-át, ezért a repce kiemelkedő étrendi hatású olajat adhat.

Többen vizsgálták az éréskori hőmérséklet hatását a generatív szakasz hosszára, valamint a képződött mag olaj és fehérje %-ára. *Canvin (1965)* adatai szerint (in: *Geisler 1988*) pl. amikor az átlaghőmérséklet 10 °C-ról 26.5 °C-ra emelkedett, a virágzástól érésig tartó idő 122-ről 62 napra, a mag olajtartalma 52-ről 32 %-ra csökkent, míg a mag fehérje készlete 16-ről 27 %-ra nőtt. *Minkevics és Borkovszkij (1951)* hangsúlyozta, hogy magas hőmérsékleten az olajsintézis az északi származású növényekben nem tud teljesen végbemenni. Az ezt megelőző fehérjeszintézis viszont igen. Először ugyanis a magban monoszaharidok képződnek, majd fehérjék, szabad zsírsavak és végül az olaj, tehát összetett gliceridek. Félérett magban sok a szabad zsírsav (nagy a savszám) és kicsi a jódszám, mert először a telített zsírsavak rakódnak le. Északi vagy hegyvidéki tájak hosszú, hűvös, nedves nappaljai kedvezőek az ilyen növények olajsintéziséhez, különösen a telítetlen zsírsavak felhalmozásához.

Ami a repce elemösszetételét illeti, *Németh (1988)* irodalmi adatokat összefoglalva hangsúlyozza, hogy a tenyészidő során több elemben erős hígulás lép fel a hajtásban. A tavaszi törőzsa, virágzaskori hajtás, ill. szalma sorrendben a N 4,0–5,8, 2,0–3,0, 0,5–0,8; a P 0,4–0,6, 0,3–0,4, 0,1–0,2; a K 3,0–4,5, 1,7–2,8, 1,7–1,9; a Ca 1,3–2,1, 1,1–2,6, 0,5–0,6; a Mg 0,20–0,45, 0,15–0,22, 0,20–0,30 %-os tartományban változhat. A Fe 100–370, a Mn 30–65, a Zn 20–80, a Cu 3–6 mg/kg koncentrációkat mutat szárazanyagban a növény korától függetlenül. Éréskor a N és P a magban, míg a K és Ca a szalmában jelez nagyobb tartalmakat, míg a Fe, Mn, Zn és Cu mikroelemek esetében az eltérések kevésbé kifejezettek.

A MÉM NAK 1980. és 1981. években Vas és Zala megye 8–8 termőhelyén, üzemi táblákon kezdeményezte a repce tápelemfelvételének, összetételének vizsgálatát. Ezek az adatok ugyan nem helyettesíthetik a kísérletes vizsgálatokat a határkoncentrációk megállapításában, azonban hasznos adatokat szolgáltatnak a hazai termőhelyeken fejlődő repceállomány összetételére (*MÉM NAK, 1982*).

Táblánként 5 ismétlésben, 1–1 m² homogén mintaterületről tavaszi törőzsa, szárbaindulás, virágzás, érés elején vettek föld feletti hajtásmintát. A tenyészidő előrehaladtával az összetétel a táblák átlagában a következőképpen módosult: N %: 4,6, 2,9, 2,2, 1,1; P %: 0,57, 0,41, 0,36, 0,21; K %: 4,0, 3,0, 2,6, 1,7; Ca %: 1,4, 1,0, 1,0, 0,9; Mg %: 0,26, 0,20, 0,17, 0,17; Na %: 0,14, 0,16, 0,13, 0,14; Fe: 444, 194, 99, 100; Mn: 121, 55, 51, 40; Zn: 50, 35, 26, 17; Cu: 6, 4, 3, 4 mg/kg szárazanyagban. A repcemag átlagos összetétele 3,6 % N, 0,76 % P, 0,73 % K, 0,33

% Ca, 0,27 % Mg, 120 mg Fe/kg, 44 mg Mn/kg, 41 mg Zn/kg, 2,5 mg Cu/kg koncentrációkat mutatott (MÉM NAK, 1982; Biczók & Németh, 1984).

8. táblázat A N-trágyázás hatása a légszár az repce elemtartalmára, 1984

Növényi rész	N-adag, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N %						
Hajtás ¹	3,36	4,94	5,30	5,40	0,19	4,75
Hajtás ²	2,40	2,95	3,33	3,46	0,13	3,03
Levél ³	3,70	4,48	4,78	4,84	0,11	4,45
Szár ⁴	0,96	1,25	1,33	1,38	0,12	1,23
Mag ⁴	3,82	4,20	4,27	4,28	0,10	4,14
Gyökér ²	0,89	1,09	1,32	1,37	0,07	1,17
Gyökér ⁴	1,03	1,40	1,58	1,71	0,19	1,43
Ca %						
Hajtás ¹	2,02	2,68	2,99	3,05	0,14	2,68
Hajtás ²	2,44	2,55	2,70	2,80	0,17	2,62
Levél ³	3,66	3,68	3,69	3,79	0,10	3,71
Szár ⁴	1,13	1,17	1,15	1,16	0,08	1,15
Mag ⁴	0,35	0,35	0,33	0,34	0,01	0,34
Gyökér ²	0,59	0,63	0,67	0,68	0,06	0,64
Gyökér ⁴	0,93	1,02	1,11	1,08	0,14	1,03
Mg %						
Hajtás ¹	0,28	0,39	0,39	0,41	0,02	0,36
Hajtás ²	0,28	0,31	0,33	0,35	0,02	0,32
Levél ³	0,30	0,35	0,37	0,39	0,02	0,35
Szár ⁴	0,24	0,30	0,30	0,30	0,03	0,29
Mag ⁴	0,26	0,27	0,26	0,27	0,01	0,26
Gyökér ²	0,20	0,20	0,21	0,22	0,01	0,22
Gyökér ⁴	0,22	0,25	0,26	0,26	0,04	0,25
Na %						
Hajtás ¹	0,25	0,41	0,46	0,49	0,05	0,40
Hajtás ²	0,14	0,30	0,41	0,40	0,05	0,31
Levél ³	0,11	0,25	0,31	0,31	0,03	0,24
Szár ⁴	0,11	0,22	0,27	0,28	0,03	0,22
Mag ⁴	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Gyökér ²	0,19	0,34	0,40	0,38	0,05	0,33
Gyökér ⁴	0,31	0,49	0,55	0,53	0,06	0,47

¹04. 17-én (tőrózsza); ²05. 15-én (virágzás); ³05. 18-án; ⁴06.23-án (teljes érés). Hajtás¹, ill. levél³ optimumok: 4,0–5,5 % N, 2,8–5,0 % K; 1–2 % Ca; 0,35–0,70 % P; 0,25–0,40 % Mg; 30–100 mg/kg Mn; 25–70 mg/kg Zn; 5–12 mg/kg Cu szárazanyagban (Bergmann, 1992)

A 8. táblázat adatai szerint a talaj N-kínálatával minden növényi szervben nőtt a N %-a. Leggazdagabb volt nitrogénben a tőrózsás hajtás, a virágzáskori levél és a magtermés 4 % feletti átlagos tartalommal. Ezzel szemben az aratáskori

szár és általában a gyökér viszonylag alacsony, 1 % körüli N-t mutatott. Kielégítő N-ellátottságot az irodalmi optimumnak megfelelő 4–5 % közötti tartomány jellemezheti a törőzsás korú hajtásban, ill. a virágzás elején vett felülről 3. kifejlett levélben egyaránt. A javuló N-kínálattal érdemben nőtt a növényi részek Ca, Mg és Na %-a is.

A Ca főként a levélben dúsul, ezt követi a hajtás, szár, aratáskori gyökér, fiatal gyökér és végül a mag, mely káliumban szegény. A Ca %-a az irodalmi optimumokat jelentősen, 50–100 %-kal is meghaladhatja ezen a meszes talajon. A Mg-koncentráció maximumát a fiatal hajtásban és a levélben találjuk, míg minimumát a gyökérben. A növényi részek Mg %-a azonban viszonylag közelálló, 0,20–0,41 közötti sávban változik a N-ellátás függvényében és az irodalmi optimumnak megfelelően. A repce szövetei az olajos magtermés kivételével Na-ban gazdagok és koncentrációjuk átlagosan megkétszereződik a N-kínálattal. Mivel a nátrium nem minősül terméslimitáló tápelemnek, az irodalom határkoncentrációkat nem ad meg.

Megmértük a növényi szervek $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmát. A nitrát a figyelem középpontjába került részben humán- és állategészségügyi okból, részben pedig a N-szaktanácsadás szemszögéből. Szabadföldi salátában pl. 0,56, üvegháziban 1,02, bébiételekben 0,09 mg/g engedélyezett friss anyagban a 17/1999. (VI. 16.) EüM rendelet szerint. Takarmányokra általában ma még nem adnak meg határértékeket, de a humánfogyasztásra adottak mérvadóak lehetnek az érzékenyebb állatfajokra is. A bébiételekre előírt szigorúbb 90 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$ a főzelékkonzervekre vonatkozik. A nitrát a gyomorban nitráttá redukálódik és a kisgyermek fulladásához vezethet.

Nitrát a növényben tartaléktápelemnek minősül és különösen a fiatal szervezetben halmozódhat fel a későbbi felhasználást szolgálva. A növények N-ellátottságát adott szerv $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete jól jelezheti, ezért terjed vizsgálata a N-szaktanácsadásban olyan kultúráknál, melyeknél a N-ellátás hiánya vagy túlsúlya jelentős termés kiesést vagy minőségromlást okozhat. Ilyen növény pl. a cukorrépa. A repce átlagos $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma kísérletünkben az alábbiak szerint változott a tenyészidő folyamán: törőzsás kori hajtás 6,6, virágzás kori gyökér 2,1, levél 1,9, szár 1,5, magtermés 0,1 mg/g alatt szárazanyagban (9. táblázat).

A 9. táblázatból az is látható, hogy P-hiányos talajon a NO_3 felvétele gátolt, ill. a foszforral jól ellátott kezelésekben N-hiány esetén a $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalma a minimumra csökken. A növények ugyanis csak a kiegyensúlyozott N/P arány jelenlétében folytathatnak intenzív fotoszintézist, a két elemet meghatározott arányban használják fel a szerves anyagok felépítésénél. A fiatal törőzsás hajtás reagál legérzékenyebben a N-kínálatra. A $\text{NO}_3\text{-N}$ nagyságrenddel változik, széles sávban és kiválóan alkalmas lehet diagnosztikai célokra. Optimális tartományt az 5–10 mg/g $\text{NO}_3\text{-N}$ -koncentráció jelenthet (9. táblázat).

Figyelemre méltó, hogy az összes N-készletnek egyre nagyobb részét teszi ki a $\text{NO}_3\text{-N}$ a javuló N-kínálat nyomán. A 0, 100, 200, ill. 300 kg N/ha/év adaggal a $\text{NO}_3\text{-N}$ részaránya 4, 11, 18, 20 %-ra nő a törőzsás korú hajtásban. Ugyanitt a 6,6 mg/g átlagos $\text{NO}_3\text{-N}$ 14 %-át jelenti a 4,75 % összes átlagos N-készletnek.

9. táblázat Az NxP-ellátás és a légszáraz repce NO₃-N tartalma, 1984

N-ellátottság kg N/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
	Hajtás levélváltáskor (április 17-én), mg/g					
0	2,3	0,8	1,0	0,6		1,2
100	6,0	5,0	4,9	5,6	1,3	5,4
200	6,7	10,0	10,4	9,8		9,3
300	7,9	11,8	11,5	12,0		10,8
Átlag	5,7	6,9	7,0	7,0	0,7	6,6
	Gyökér virágzáskor (május 15-én), mg/g					
0	1,2	0,8	0,6	0,5		0,8
100	2,1	1,2	1,1	1,4	0,6	1,4
200	2,7	2,7	3,2	2,7		2,8
300	3,1	3,6	3,7	3,5		3,5
Átlag	2,3	2,1	2,1	2,0	0,3	2,1
	Levél fodrosodáskor (május 18-án), mg/g					
0	1,4	0,6	0,6	0,6		0,8
100	2,2	1,5	1,2	1,5	0,5	1,6
200	2,7	2,2	2,2	2,1		2,3
300	3,0	2,5	2,7	2,9		2,8
Átlag	2,3	1,7	1,7	1,8	0,3	1,9
	Szár aratáskor (július 23-án), mg/g					
0	0,5	0,4	0,4	0,4		0,4
100	0,9	1,1	1,3	0,8	0,5	1,0
200	1,2	2,0	2,5	2,4		2,0
300	1,4	2,5	3,6	2,9		2,6
Átlag	1,0	1,5	1,9	1,6	0,3	1,5

Megjegyzés: A mag NO₃-N-tartalma méréshatár (0,1 mg/g) alatt

Hasonlóképpen a virágzáskori gyökérben 9-ről 26 %-ra, levélben 2-ről 6 %-ra, a szárban 4-ről 19 %-ra emelkedik a NO₃-N átlagos részaránya. Megemlíthető még, hogy a törőzsás korú hajtás 10 % körüli szárazanyag-tartalmát tekintve a friss anyagra megadott NO₃-N-tartalma az 1 mg/g értéket is elérheti, közelítve az üvegházi salátára engedélyezett koncentrációhoz. Elméletileg, a repce legeltetése esetén ezzel számolni lehet a nitrátérzékeny állatfajoknál.

Foszforban a leggazdagabb a magtermés, ezt követi a fiatal törőzsás hajtás, virágzáskori hajtás, levél, fiatal gyökér, szár, előregedő gyökér. Aratás idejére a gyökér és a szár foszforban elszegényedik, a tápelem a magba vándorol. A talaj javuló P-kínálatával minden növényi szervben emelkedik a P %-a. Az optimum tartományt a törőzsás hajtásban 0,6–0,7 %, a virágzáskori levélben 0,4–0,5 % P-tartalom jelentheti. A P-ellátás javulásával a repcében (a mag kivételével) jelentősen nő a Na-koncentráció is, hasonlóan a N-trágyázáshoz. Ezzel szemben a Zn-tartalom drasztikusan mérséklődik a virágzáskori hajtásban, levélben, és az aratáskori szárban már felére csökken.

10. táblázat A P-ellátás hatása a légszár az repce elemtartalmára, 1984

Növényi rész	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470	36	247
P %						
Hajtás ¹	0,43	0,61	0,69	0,72	0,02	0,61
Hajtás ²	0,42	0,47	0,51	0,54	0,02	0,48
Levél ³	0,30	0,39	0,44	0,47	0,02	0,40
Szár ⁴	0,15	0,20	0,23	0,25	0,02	0,21
Mag ⁴	0,57	0,65	0,69	0,71	0,01	0,66
Gyökér ²	0,22	0,28	0,33	0,38	0,02	0,30
Gyökér ⁴	0,11	0,16	0,20	0,24	0,03	0,18
Na %						
Hajtás ¹	0,25	0,44	0,46	0,47	0,05	0,40
Hajtás ²	0,18	0,33	0,36	0,38	0,05	0,31
Levél ³	0,14	0,26	0,27	0,30	0,03	0,24
Szár ⁴	0,14	0,24	0,26	0,25	0,03	0,22
Mag ⁴	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
Gyökér ²	0,25	0,35	0,35	0,36	0,05	0,33
Gyökér ⁴	0,35	0,51	0,50	0,53	0,06	0,47
Zn, mg/kg						
Hajtás ¹	35	30	30	28	4	31
Hajtás ²	43	23	21	19	7	26
Levél ³	35	22	18	17	2	23
Szár ⁴	18	13	9	9	4	12
Mag ⁴	34	29	25	23	2	28
Gyökér ²	19	16	15	14	2	16
Gyökér ⁴	20	20	14	14	9	17
Cu, mg/kg						
Hajtás ¹	2,7	2,6	2,0	2,0	0,6	2,3
Hajtás ²	3,0	2,4	2,3	2,2	0,2	2,5
Levél ³	3,8	3,7	3,5	3,4	0,3	3,6
Szár ⁴	2,0	1,9	1,9	1,8	0,2	1,9
Mag ⁴	3,4	3,5	3,2	3,2	0,2	3,3
Gyökér ²	6,2	5,6	5,5	5,5	0,7	5,7
Gyökér ⁴	3,8	3,7	3,2	3,6	0,6	3,6

¹04.17-én (törözsa); ²05. 15-én (virágzás); ³05.18-án; ⁴06. 23.án (teljes érés). Hajtás¹, ill. a levél³ optimális összetétele: 0,35–0,70 % P, 25–70 mg/kg Zn, 5–12 mg/kg Cu szárazanyagban (Bergmann, 1992)

A P–Zn antagonizmus nyomán a repce már a Zn-hiányos zónába kerülhetett a foszforral jobban ellátott kezelésekben az 5. táblázat adatai szerint. Erre utal az is, hogy a MÉM NAK (1982) vizsgálatokban a repcemag átlagos Zn-tartalma 41 mg/kg értéket mutatott a 8 termőhely átlagában, míg kísérletünkben az átlagos Zn-koncentráció a magtermésben 28 mg/kg volt.

A P-túlsúly indukálta Zn-hiányt minden növény elemzésénél tapasztaltuk ezen a talajon, mely felvehető P és Zn elemekben egyaránt szegény. A Zn-el-látásra

érzékenyebb kultúráknál, mint pl. a kukorica, a P-túlsúly terméscsökkenést eredményez (Kádár et al., 2000). Az irodalmi optimumokkal összevetve a Cu-ellátás is alacsonynak minősíthető már a kezeletlen talajon. A P-túlsúly további Cu-tartalom csökkenését eredményezi. Viszonylag gazdagabb Cu-ben a fiatal gyökér, ezt követi a levél. Aratás idejére a Cu a magban dúsul, míg a szár és a gyökér ebben a tápelemben elszegényedik (10. táblázat).

Káliumban a törőzsás korú hajtás a leggazdagabb, majd erőteljes hígulás lép fel a tenyészidő folyamán a virágzás kori hajtás, levél, szár, mag sorrendben. A talaj javuló K-kínálatát szintén a törőzsás korú hajtás jelzi kifejezetten luxusfelhalmozással. Optimális K-koncentrációt a törőzsás hajtásban 4–5 %, a virágzás kori levélben 2,5-3,0 % K-tartalom jelezhet. A törőzsás hajtás és a virágzás kori levél összetétele jelentősen különbözik, így a Bergmann (1992) által javasolt tág 2,8–5,0 % közös optimális tartomány már nem eléggé orientálja a szaktanácsadást.

11. táblázat A K-ellátás hatása a légszár az repce elemtartalmára, 1984

Növényi rész	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	130	144	186	263	8	181
	K %					
Hajtás ¹	3,59	4,01	4,66	5,15	0,25	4,35
Hajtás ²	3,03	3,16	3,13	3,25	0,11	3,14
Levél ³	2,44	2,65	2,85	3,04	0,07	2,74
Szár ⁴	1,43	1,39	1,50	1,52	0,07	1,46
Mag ⁴	0,82	0,82	0,80	0,83	0,03	0,82
Gyökér ²	1,83	1,90	1,98	2,05	0,08	1,94
Gyökér ⁴	1,38	1,41	1,45	1,54	0,10	1,45
	Mg %					
Hajtás ¹	0,42	0,38	0,35	0,31	0,02	0,36
Hajtás ²	0,35	0,33	0,30	0,29	0,02	0,32
Levél ³	0,37	0,36	0,34	0,33	0,02	0,35
Szár ⁴	0,31	0,28	0,28	0,27	0,03	0,29
Mag ⁴	0,28	0,27	0,26	0,26	0,01	0,27
Gyökér ²	0,23	0,22	0,20	0,19	0,02	0,21
Gyökér ⁴	0,27	0,25	0,25	0,23	0,04	0,25
	Mn, mg/kg					
Hajtás ¹	89	83	76	74	5	80
Hajtás ²	78	73	69	67	5	72
Levél ³	116	111	107	102	4	109
Szár ⁴	50	47	44	41	5	46
Mag ⁴	39	38	36	35	4	37
Gyökér ²	108	84	89	78	14	90
Gyökér ⁴	84	75	74	69	15	75

¹04.17-én (törőzsás); ²05. 15-én (virágzás); ³05.18-án; ⁴06. 23.án (teljes érés). A Fe átlagos koncentrációja az egyes növényi szövetekben: hajtás¹ = 400, hajtás² = 800, levél³ = 200, szár⁴ = 60, mag⁴ = 90, gyökér² = 3000, gyökér⁴ = 1500 mg/kg légszár az anyagban

A 11. táblázatban bemutatott eredmények arra utalnak, hogy külön határértékeket kell megadni a törőzsás korú hajtásra és a virágzáskori levélre. A K–Mg kationantagonizmus nyilvánul meg a Mg %-ának csökkenésében, mely minden növényi részben megfigyelhető, de ez a csökkenés nem vezethet

Mg-hiányos ellátáshoz ezen a meszes, magnéziumban is kielégítően ellátott termőhelyen. A javuló K-kínálattal némileg mérséklődik a mangán beépülése. Maximális Mn-koncentrációkat a levélben találunk, míg a mag és a szár legszegényebb Mn-ban. A termőhely – irodalmi optimumok alapján – kielégítően ellátottnak tekinthető. A Fe koncentrációit a NPK-ellátás érdemben nem befolyásolta. Átlagos tartalma az egyes szervekben az alábbi volt: törőzsás korú hajtás 400, virágzáskori hajtás 800, levél 200, szár 60, mag 90, virágzáskori gyökér 3000, aratáskori gyökér 1500 mg/kg légszár az anyagban.

12. táblázat A NxP-ellátás hatása a légszár az repce N/P arányára, 1984

N-ellátottság kg N/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
	Hajtás levélváltáskor (április 17-én)					
0	8,4	5,6	5,5	5,3		6,2
100	13,3	7,5	6,7	6,6	1,0	8,5
200	12,3	8,6	7,4	6,9		8,8
300	13,1	8,5	7,6	6,9		9,0
Átlag	11,8	7,6	6,8	6,4	0,5	8,1
	Hajtás virágzáskor (május 15-én)					
0	7,1	5,0	4,6	4,4		5,3
100	8,0	5,9	5,4	5,3	0,8	6,1
200	8,3	7,1	6,5	5,8		6,9
300	8,4	7,3	6,6	5,8		7,0
Átlag	8,0	6,3	5,8	5,3	0,4	6,3
	Levél fodrosodás kezdetén (május 18-án)					
0	14	9	8	8		10
100	17	11	9	9	2	11
200	17	12	11	10		13
300	18	13	12	10		13
Átlag	16	11	10	9	1	12
	Szár aratáskor (július 23-án)					
0	7,6	5,1	4,3	4,2		5,3
100	8,8	6,1	5,0	4,8	0,8	6,2
200	9,0	6,4	5,9	5,2		6,6
300	9,5	6,8	5,6	5,3		6,8
Átlag	8,7	6,1	5,2	4,9	0,4	6,2
	Gyökér aratáskor (július 23-án)					
0	12	6	4	4		6
100	13	8	7	7	3	9
200	17	11	8	7		11
300	16	11	10	8		11
Átlag	14	9	7	6	2	9

A repce termését és ásványi összetételét döntően a NxP-ellátás befolyásolta. Szaktanácsadási szempontból is e két elem kiegyensúlyozott aránya biztosíthatja a megfelelő hozamokat. A növényelemzés adataira támaszkodó trágyázási szaktanácsadás biztonságát az optimális elemarányok figyelembevétele nagyban segítheti, hiszen egy elem túlsúlya más elem hiányán alapulhat. A 12. táblázatban bemutatjuk a NxP-ellátás hatását a repce szerveinek N/P arányára a te-nyészidő folyamán. Adataink a hazai irodalomban hiánypótlóak.

13. táblázat A P-ellátás hatása a légszáraz repce főbb elemarányaira, 1984

Növényi rész	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg			SzD _{5%}	Átlag	
	76	150	292			470
	P/Fe					
Hajtás ¹	7	18	20	21	3	16
Hajtás ²	5	7	8	9	2	7
Levél ³	15	19	21	20	3	19
Szár ⁴	26	39	42	46	9	38
Mag ⁴	62	75	76	77	4	72
Gyökér ²	0,8	1,0	1,0	1,3	0,3	1,0
Gyökér ⁴	0,7	1,2	1,6	1,7	0,4	1,3
	P/Mn					
Hajtás ¹	61	76	82	87	4	76
Hajtás ²	59	69	71	74	4	68
Levél ³	34	37	38	37	2	37
Szár ⁴	33	47	48	55	4	46
Mag ⁴	158	190	185	186	14	180
Gyökér ²	27	34	36	44	5	35
Gyökér ⁴	15	22	30	32	4	25
	P/Zn					
Hajtás ¹	128	208	236	255	27	207
Hajtás ²	109	207	254	299	28	217
Levél ³	87	182	255	274	15	199
Szár ⁴	90	184	282	322	54	220
Mag ⁴	158	190	185	186	14	180
Gyökér ²	120	202	223	280	23	206
Gyökér ⁴	61	122	171	184	39	135
	P/Cu					
Hajtás ¹	1832	3143	4255	4358	906	3397
Hajtás ²	1442	2095	2129	2410	140	2019
Levél ³	826	1047	1348	1350	104	1143
Szár ⁴	813	1069	1281	1468	235	1158
Mag ⁴	1759	1929	2182	2285	289	2040
Gyökér ²	392	509	568	716	53	546
Gyökér ⁴	326	558	658	725	125	567

¹ ápr. 17-én (törözsa), ² máj. 15-én (virágzás), ³ máj. 18-án, ⁴ júl. 23-án (teljes érés)

14. táblázat A P- és N-ellátás hatása a repce K/Na, K/P és N/K arányára, 1984

Növényi rész	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
K/Na						
Hajtás ¹	21	12	13	11	3	14
Hajtás ²	22	11	12	10	3	14
Levél ³	25	14	13	12	3	16
Szár ⁴	12	7	7	8	2	8
Mag ⁴	36	37	40	39	5	38
Gyökér ²	9	6	6	7	2	7
Gyökér ⁴	4	4	3	3	1	4
K/P						
Hajtás ¹	10	7	6	6	1	7
Hajtás ²	9	7	6	5	1	7
Levél ³	11	7	6	5	1	7
Szár ⁴	10	7	7	6	1	7
Mag ⁴	1	1	1	1	1	1
Gyökér ²	10	7	6	5	1	7
Gyökér ⁴	13	10	7	6	2	9
Növényi rész	N-trágyázás, kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
K/Na						
Hajtás ¹	19	15	11	12	3	14
Hajtás ²	22	13	10	10	3	14
Levél ³	29	14	11	10	3	16
Szár ⁴	13	8	6	6	2	8
Mag ⁴	39	38	38	36	5	38
Gyökér ²	10	6	5	7	2	7
Gyökér ⁴	5	3	3	3	1	4
N/K						
Hajtás ¹	0,8	1,2	1,2	1,2	0,1	1,1
Hajtás ²	0,8	0,9	1,1	1,1	0,1	1,0
Levél ³	1,2	1,6	1,8	2,1	0,1	1,7
Szár ⁴	0,7	0,8	0,9	0,9	0,1	0,8
Mag ⁴	4,8	5,2	5,2	5,3	0,2	5,1
Gyökér ²	0,5	0,6	0,7	0,7	0,1	0,6
Gyökér ⁴	0,6	1,0	1,2	1,2	0,2	1,0

¹ ápr. 17-én (tőrözsa), ² máj. 15-én (virágzás), ³ máj. 18-án, ⁴ júl. 23-án (teljes érés)

A N/P arányok tág határok között változnak és érzékenyen jelezni képesek a NxP-ellátás helyzetét. A föld feletti szövetekben állandóan 2–2,5-szeres, míg az aratáskori gyökérben 4-szeres különbségek adódnak az N/P arányokban. Az átlagos N-túlsúly a virágzáskori levélben a legnagyobb (12-szeres a P-hoz viszonyítva), míg a hajtásban és a szárban 6–8-szoros. Diagnosztikai szempontból a

tórózsás hajtásban 8–10, a virágzáskori levélben 10–12 N/P arány tekinthető ideálisnak, vagy optimálisnak az irodalmi adatokkal egyezően (12. táblázat).

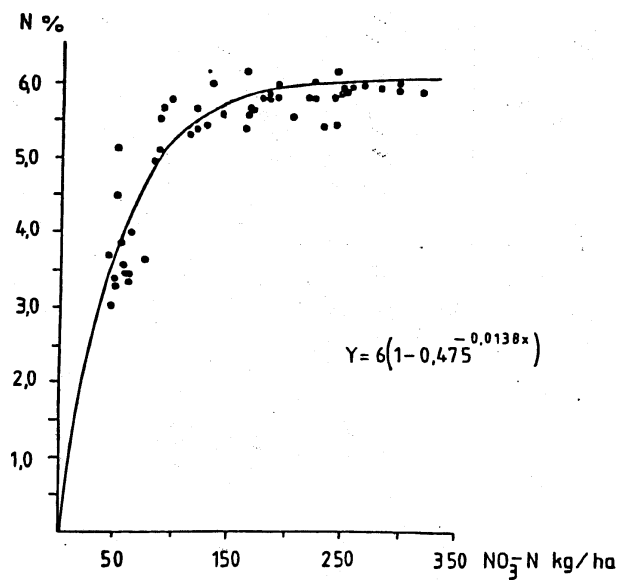
A talaj P-ellátottsága főként az esszenciális mikroelemek felvételét módosíthatja. A 8. táblázatban látható, hogy a P/Fe átlagos aránya a gyökérben 1–1,3, míg a magban 72-re tágul. A talaj növekvő P-kínálata nyomán döntően a fiatal hajtás P/Fe hányadosa emelkedik. A P/Mn aránya szintén a gyökérben a legszűkebb és a magban a legtágabb. A talaj javuló foszforellátottságát a gyökér mintegy kétszeresére táguló P/Mn hányadosa tükrözi kifejezetten. Az irodalomban fiatal növényi hajtásra és levélre megadott 50–150 P/Zn optimális tartomány kísérletünkben 200 fölé tágul, jelezve az indukált Zn-hiányt a foszforral jobban ellátott kezelésekben. A tórózsás korú hajtás és a virágzáskori levél P/Zn aránya közelálló, így az egységes optimumok iránymutatók lehetnek a szaktanácsadás számára.

Az átlagos P/Cu hányados közel felére szűkül a virágzáskori levélben a tórózsás korú hajtáshoz viszonyítva, így közös optimum nem állítható fel. A talaj P-kínálatával a P/Cu aránya tágul minden növényi részben. Az irodalmi 500–1500 P/Cu optimum a virágzáskori levél összetételére lehet iránymutató. A tórózsás korú hajtásban ez az optimum a 2000–3000 közötti tartományban jelentkezhet, kísérletünk azonban nem alkalmas a P-indukálta Cu-hiány szabatos meghatározására (13. táblázat).

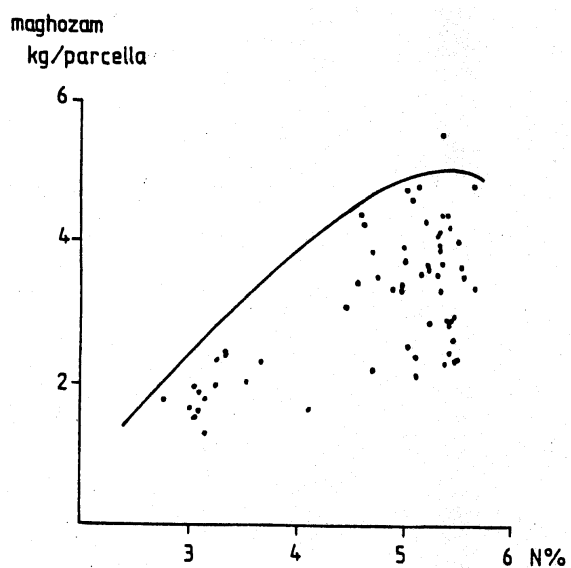
Mivel a Na-beépülést a P- és a N-trágyázás egyaránt elősegítette, a K/Na aránya erőteljesen szűkült mindkét esetben a javuló P-, ill. N-kínálattal. Az átlagos K/Na hányados a gyökérben és a magban töredéke a fiatal hajtásban és levélben mértnek. A K/P arányát csökkenti a P-kínálata a vegetatív szervekben. A diagnosztikai optimum 6–8 körüli K/P-tartományban található gyakorlatilag minden föld feletti vegetatív növényi részben. A N/K aránya a szárban átlagosan 0,8, míg a magban 5,1 értéket mutat, a mag nitrogénben dúsult, ill. kálium-ban szegényedett. Az optimumok keskeny sávban adhatók meg: a tórózsás korú hajtásban 0,8–1,2, a virágzáskori levélben 1,2–1,6 N/K arány lehet iránymutató a kiegyensúlyozott N- és K-tápláltság kontrolljában (14. táblázat).

Az 1. ábrán a talaj 0–60 cm-es rétegében tavasszal mért $\text{NO}_3\text{-N}$ készletének és a tórózsás korú repce hajtásának N-tartalma közötti ($Y = 6(1 - 0,475^{-2,0138x})$) összefüggést mutatjuk be. Ebben a korban mintegy 100 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlettel kellett rendelkeznie a vizsgált felső 60 cm-es talajrétegnek ahhoz, hogy a repce hajtása a kívánatos 5 % körüli N-tartalmat elérje. Amint a 2. ábra burkológörbéje szemlélteti, az 5–5,5 %-os N-koncentráció biztosította a maximális maghozamokat. A tórózsás korú, levélváltás utáni N % és a magtermés olajtartalma közötti összefüggés ($y = 45,06 - 1,00x$, $r = 0,880$) negatív, lineáris. A N-bőség a fehérjetartalmat növeli az olaj rovására (3. ábra). A korai növényanalízissel tehát a minőség előre jelezhető.

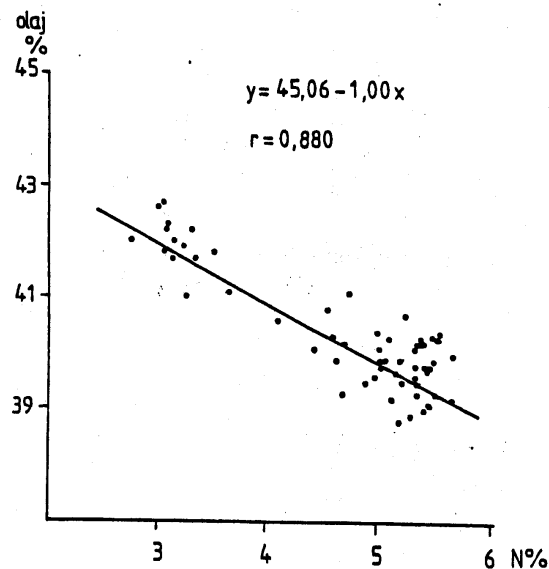
1. ábra A talaj 0–60 cm-es rétegében mért NO₃-N-tartalom és a levélváltáskori repcenövény N-tartalmának összefüggése



2. ábra A repce maghozamának és levélváltáskori N-tartalmának összefüggése



3. ábra A repcemag olajtartalmának és levélváltáskori N-tartalmának összefüggése



A 15. táblázatban a repce N-forgalmáról alkothatunk képet a meghatározó NxP ellátás függvényében. Németh (1988) szerint az irodalmi adatok arról tanúskodnak, hogy a törőzsás/levélváltás utáni állapotban 40-100, virágzáskor 150-200, aratáskor 180-220 kg/ha N-felvétellel számolhatunk átlagos körülmények között. Kísérletünkben levélváltáskor 16-76 kg, virágzáskor 63-236 kg, aratáskor 94-221 kg/ha között ingadozott a felvett N mennyisége a föld feletti termésben. A gyökér N-készlete elenyésző, a betakarításkori szár+mag N-készletének mintegy a 10 %-át tette ki 9-25 kg/ha mennyiséggel.

Ny-Európában egy évszázadon át vita folyt arról, hogy a repce N-trágyázása döntően ősszel történjen alaptrágyaként, vagy tavasszal levélváltás után fejtrágyaként. A korai munkák szerint a repce N-igényét akár 80 %-ban is kielégítheti már törőzsás állapotban, ezért a N-trágya tömegét ősszel kell kiadni (Liebscher 1887, Remy 1909). Az akkori termesztési viszonyok között a 6 t/ha körüli földfeletti tömeggel 100-120 kg/ha N-felvétel jelentkezett, melyet a növény valóban fedezni tudott már a korai fejlődési stádiumban.

A XX. század második felében tért hódít az a szemlélet, hogy tavasszal fejtrágyaként kell a sok N, a teljes adag 2/3-a vagy akár 100 %-a, tavaszi megosztással. Andersson et al. (1958) a 12 t/ha föld feletti aratáskori légszár az hozamával konstatálja, hogy a törőzsás korú növényben mindössze 30-60, míg virágzás elején 186, érés kezdetén 220, teljes érésben 165 kg a beépült N

menyisége, melynek döntő részét, 134 kg-ot a magtermésben talál. A 15. táblázat N-forgalmi eredményei összevethetők *Andersson et al. (1958)* adataival. A nagy eltérés abban van, hogy a svédországi termőhelyen a 4 t szemtermésben akkumulálódott a felvett N több mint 80 %-a, míg a hazai kényszerérett repce 1,3 t/ha átlagos szemtermésében csupán 35 %-a. A szár tápelemei nem juthattak a szembe.

15. táblázat NxP ellátás hatása a repce N-felvételére, kg/ha, 1984

N kg/ha évente	A Loldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Hajtás 04. 17-én (tőrözsa)						
0	16	31	30	30		26
100	18	50	56	60	11	46
200	19	58	66	64		52
300	20	58	70	76		56
Átlag	18	49	56	58	6	45
Hajtás 05. 15-én (virágzás)						
0	63	90	90	83		81
100	75	139	157	155	25	132
200	103	209	196	226		184
300	104	209	213	236		191
Átlag	86	162	164	175	13	147
Szár 07. 23-án (teljes érés)						
0	61	97	53	63		69
100	88	85	105	124	31	101
200	88	117	114	121		110
300	82	145	123	145		124
Átlag	80	111	100	113	15	101
Mag 07. 23-án (teljes érés)						
0	33	30	30	29		31
100	46	63	66	65	14	60
200	46	67	71	68		63
300	48	71	69	76		66
Átlag	43	58	59	59	7	55
Gyökér 07. 23-án (teljes érés)						
0	9	15	11	13		12
100	14	16	19	20	8	17
200	15	16	16	20		17
300	15	22	19	25		20
Átlag	13	17	16	20	4	16

Irodalmi utalások szerint levélváltáskor 60-100, virágzáskor 150-250, aratáskor 200-250 kg/ha körüli az átlagos K-felvétel (*Németh 1988*). Ismeretes, hogy a K struktúráisan nem kötött a növényben, ezért könnyen kimosódhat az előregedő növényi részekből. A felvétel maximumát érés kezdetén éri el. A 16. táblázatban összefoglalt eredményeink szerint saját kísérletünkben a repce tőrözsa

korban 16-62, virágzáskor 72-205, aratáskor 88-160 kg/ha elemi K akkumulációt (azaz 19-75, 88-247, 106-193 kg/ha K₂O mennyiséget) mutatott az NxP ellátás függvényében.

16. táblázat NxP ellátás hatása a repce K-felvételére, kg/ha, 1984

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Hajtás 04. 17-én (törőzsza)						
0	16	40	37	39		33
100	15	47	52	56	12	43
200	16	50	56	57		45
300	16	53	58	62		47
Átlag	16	48	51	53	6	42
Hajtás 05. 15-én (virágzás)						
0	72	116	111	111		102
100	86	153	164	167	26	142
200	107	201	177	205		173
300	109	189	180	196		169
Átlag	94	165	158	170	13	147
Szár 07. 23-án (teljes érés)						
0	82	123	96	91		98
100	102	134	110	158	32	126
200	98	129	135	130		123
300	91	131	137	145		126
Átlag	93	129	119	131	16	118
Mag 07. 23-án (teljes érés)						
0	6	6	7	6		6
100	8	12	13	14	3	12
200	8	13	14	14		12
300	9	13	15	15		12
Átlag	8	11	12	12	2	11
Gyökér 07. 23-án (teljes érés)						
0	11	24	20	23		19
100	12	19	20	20	4	18
200	12	15	13	16		14
300	12	18	16	19		16
Átlag	12	19	17	19	2	17

K-hatás 04. 17-én 47 %, 05. 15-én 16 % volt a hajtásban. Éréskor K-hatás már nem volt igazolható.

Meg kell említeni, hogy a törőzsza hajtás K-felvételét a javuló K-ellátás is növelte a kontrollhoz képest 47 %-kal, virágzás idején 16 %-kal. Betakarítás idején K-hatások már nem voltak igazolhatók. A trágyázatlan talajon betakarításig folyamatos volt a K-felvétel, míg a jól ellátott talajon 20-30 %-os K-vesztés lépett fel a virágzáskori állapothoz viszonyítva. A föld feletti tömegbe épült K mintegy 90 %-át találjuk a melléktermésben és 10 %-át a magtermésben.

Kombájn betakarításnál tehát a repcetermesztés a talajt érdemben nem szegényíti el K-ban. A talajban maradó gyökérszövet 10-20 kg/ha K-készlete mindössze 10-15 %-át képezte az aratáskori föld feletti növényi részbe épült mennyiségnek (16. táblázat).

A repce mészigényes növény, erre jelentős Ca-felvétele is utal. Irodalmi adatok szerint törőzsás korban 20-40, virágzáskor 100-200, aratáskor 100-120 kg/ha átlagos felhalmozást jelez (Németh 1988). Kísérletünkben a törőzsás hajtásban 9-44, a virágzáskori hajtásban 60-200, az aratáskori szárban 66-122, a magtermésben 3-6 kg/ha Ca-felvételt mértünk az NxP ellátás függvényében. A gyökér Ca-készlete aratáskor 7-15 kg/ha között ingadozott, mintegy 12 %-át tette ki a föld feletti növényi rész készletének (17. táblázat).

Az adatokból az is látható, hogy a szárbaindulás idején alig 1 hónap alatt virágzásig a Ca felvétele átlagosan megötszöröződött. A trágyázatlan talajon lassan tovább folytatódott a Ca-akkumuláció, míg a túltrágyázott talajon aratásig 50-60 %-os Ca-vesztés következett be. A kísérlet átlagában a felvett Ca-csökkenése aratásig 25 %-ot tett ki a virágzás állapotához képest. A túltrágyázott kezelésekben több és nagyobb méretű levél képződött, nagyobb volt a borítottság, sűrűbb a növényfedettség. Itt vált kifejezetté a lombhullás, mely a leggazdagabb volt Ca-ban. Kombájn betakarításnál a talaj Ca-ban gyakorlatilag nem szegényedik (17. táblázat).

A repcének mint olajnövénynek kifejezett lehet a P-igénye is. Az átlagos P-felvétel törőzsás korban 5-15, virágzáskor 25-40, aratáskor 25-35 kg/ha körüli (Németh 1988). Saját vizsgálataink során a törőzsás hajtásban 1-11, virágzáskor 9-41, aratáskor 13-41 kg/ha (azaz 3-25, 21-94, 30-92 kg/ha P_2O_5 akkumulációt mértünk az NxP trágyázás függvényében. Depresszió a felvételben nem nyilvánult meg, maximális felvételek általában a maximális talajbani kínálathoz kötődtek. A P megközelítően 2/3-1/3 arányban épült be a szárba és magtermésbe. A gyökér P-készlete jelentéktelen, átlagosan 2 kg/ha-t, tehát a föld feletti összes termés P-készletének átlagosan 8 %-át tette ki (18. táblázat).

A Na-ot ma sem tekintjük egyértelműen esszenciális elemnek a növények számára. Általában a K domináns kation a növényvilágban, míg az állati szervezet számára a Na. A növények vagy növényi szervek K-tartalma gyakran 50-100-szorosa a Na-nak. Esetenként azonban a Na válik uralkodóvá. A halofitákban a Na biztosítja azt az ozmotikus nyomást, mely képessé teszi a növényt arra, hogy sós talajból is kielégítse vízfelvételét. A repafélék származásukból eredően (Földközi tenger melléke) sok Na-ot tartalmaznak. A repce is viszonylag gazdag Na-ban, mely a tengermelléki eredetére utalhat. Na-bőség a takarmányértéket növelheti.

17. táblázat NxP ellátás hatása a repce Ca-felvételére, kg/ha, 1984

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Hajtás 04. 17-én (tőrózsa)						
0	9	18	18	19		16
100	9	27	31	32	6	25
200	10	33	37	36		29
300	11	33	39	44		31
Átlag	10	28	31	33	3	25
Hajtás 05. 15-én (virágzás)						
0	60	93	94	89		84
100	67	125	132	130	28	114
200	82	171	147	200		150
300	84	168	166	196		153
Átlag	73	139	135	154	14	125
Szár 07. 23-án (teljes érés)						
0	66	98	76	80		80
100	70	81	88	107	24	86
200	79	105	107	122		104
300	66	127	109	116		104
Átlag	70	103	95	106	12	94
Mag 07. 23-án (teljes érés)						
0	3	3	3	3		3
100	4	5	5	5	2	5
200	4	5	6	6		5
300	4	5	6	6		5
Átlag	4	5	5	5	1	5
Gyökér 07. 23-án (teljes érés)						
0	7	13	10	13		11
100	10	12	14	14	3	12
200	9	12	12	14		12
300	8	15	13	15		13
Átlag	9	13	14	14	2	12

18. táblázat NxP ellátás hatása a repce P-felvételére, kg/ha, 1984

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Hajtás 04. 17-én (tőrózsza)						
0	1	6	6	6		5
100	2	6	8	9	2	6
200	2	7	9	9		7
300	2	7	9	11		7
Átlag	2	6	8	9	1	6
Hajtás 05. 15-én (virágzás)						
0	9	18	20	19		16
100	10	24	29	29	5	23
200	13	29	30	39		28
300	12	29	32	41		29
Átlag	11	25	28	32	3	24
Szár 07. 23-án (teljes érés)						
0	8	19	12	15		14
100	10	15	18	23	5	17
200	10	18	23	25		19
300	9	22	22	28		20
Átlag	9	18	19	23	3	17
Mag 07. 23-án (teljes érés)						
0	5	5	6	6		5
100	6	10	11	11	3	9
200	6	10	12	11		10
300	6	10	11	12		10
Átlag	6	9	10	10	2	9
Gyökér 07. 23-án (teljes érés)						
0	1	2	3	3		2
100	1	2	3	3	1	2
200	1	2	2	3		2
300	1	2	2	3		2
Átlag	1	2	2	3	1	2

A Na-felvétel érzékenyen reagált az NxP táplálási szituációkra. A föld feletti növényi részekben 5-8-szoros különbségek alakultak ki az NP-kínálattól függően. Mind a N, mind a P kínálata növelte a Na beépülését. Tőrózsás korban 1-8, virágzáskor 4-38, aratáskor a szárban 7-35 kg/ha Na-felvételt regisztráltunk. A magtermés átlagosan mindössze 0,3 kg/ha Na-felvételt mutatott. A gyökér virágzás idején 2, aratáskor a kísérlet átlagában 6 kg/ha K-készlettel rendelkezett (19. táblázat).

19. táblázat NxP ellátás hatása a repce Na-felvételére, kg/ha, 1984

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
Hajtás 04. 17-én (tórózsza)						
0	1	2	2	3		2
100	1	4	6	6	2	4
200	1	6	6	6		5
300	1	7	7	8		6
Átlag	1	5	5	6	1	4
Hajtás 05. 15-én (virágzás)						
0	4	5	5	6		5
100	4	17	20	21	8	15
200	6	31	28	33		25
300	6	30	24	38		24
Átlag	5	21	19	24	4	17
Szár 07. 23-án (teljes érés)						
0	7	10	8	7		8
100	9	24	24	23	6	20
200	10	22	25	28		21
300	8	30	34	35		27
Átlag	8	21	23	23	3	19
Gyökér 07. 23-án (teljes érés)						
0	2	5	3	4		4
100	4	6	8	7	3	6
200	4	6	6	8		6
300	3	7	7	9		7
Átlag	3	6	6	7	2	6

A virágzáskori gyökér átlagosan 2, a magtermés 0,3 kg/ha Na-felvételt mutatott

A kinyúhető gyökér tömege virágzáskor átlagosan 1,5 t, míg aratáskor 1,2 t/ha volt. Ugyanakkor a fiatal és az előregedő gyökerekbe épült elemek mennyiségeit összevetve megállapítható, hogy a virágzástól aratásig tartó időszakban a gyökerek elemkészlete nőtt, eltérően a föld feletti felvételt jellemző elemvesztéstől. Így pl. a kísérlet átlagában a P, Cu, K, Mg, Fe, Mn felvétele 20-60; a Zn, N, Na felvétele 100-140, a Ca felvétele 224 %-kal nőtt aratásig. Különösen látványos volt az elemakkumuláció a P-ban hiányos talajon, többszörösen meghaladva a P-ral jól ellátott kezelésekben tapasztaltakat (20. táblázat).

20. táblázat P-ellátás hatása a repce gyökerének elemfelvételére, 1984

Elem jele	Mérték egység	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
		76	150	292	470		
05. 15-én (virágzás)							
K	kg/ha	5,5	11,9	12,8	14,0	1,5	11,0
N	kg/ha	3,2	7,4	7,8	8,8	1,0	6,8
Ca	kg/ha	1,6	3,9	4,4	4,8	0,5	3,7
Fe	kg/ha	0,8	2,1	2,5	3,9	0,6	2,3
Na	kg/ha	0,7	2,3	2,4	2,7	0,4	2,0
P	kg/ha	0,6	1,7	2,2	2,8	0,3	1,8
Mg	kg/ha	0,6	1,3	1,4	1,5	0,2	1,2
Mn	g/ha	22	56	66	66	3	53
Zn	g/ha	5	9	11	11	2	9
Cu	g/ha	2	4	4	4	1	3
07. 23-án (teljes érés)							
K	kg/ha	12,0	19,1	17,2	19,4	2,1	16,9
N	kg/ha	13,2	17,2	16,2	19,5	3,8	16,5
Ca	kg/ha	8,6	13,2	12,2	14,1	1,5	12,0
Na	kg/ha	3,1	6,2	6,1	6,9	1,3	5,6
Mg	kg/ha	2,1	3,2	2,8	3,4	0,4	2,9
P	kg/ha	0,9	2,1	2,4	3,1	0,5	2,2
Fe	kg/ha	1,4	1,8	2,1	2,3	0,6	1,9
Mn	g/ha	63	98	86	106	22	88
Zn	g/ha	17	18	18	19	4	18
Cu	g/ha	3	4	5	5	1	4

Irodalmi utalások szerint az átlagos Mg felvétel törózsás korban 3-4, virágzás idején 15-30, aratáskor 25-30 kg/ha mennyiséggel jellemezhető. Kísérletünkben törózsás korban 2-5, virágzáskor 10-18, aratáskor 22-30 kg Mg-akkumulációt regisztráltunk ha-onként. A felvett Mg 80-83 %-át a szárban találtuk. Mikroelemek közül a Fe mennyisége virágzás idején elérte a 4 kg/ha mennyiséget, majd aratás idejére a felvett készlet töredékére csökkent és alapvetően a szárban halmozódott fel 0.5 kg/ha körüli mennyiségben (21. táblázat).

A Mn törózsás korban 26-100, virágzásban 188-444, aratáskor 322-474 g/ha felvételt jelzett. A felvett Mn átlagosan 87 %-át a szár, 13 %-át a mag építette be. A Zn esetén a törózsás hajtás 13-33, a virágzáskori 98-123, a szár 71-112, a magtermés 32-40 g/ha felhalmozást mutatott. A P-Zn antagonizmus jelensége miatt a maximális Zn-felvételek a P-ral közepesen ellátott kezelésekben jelentkeztek, eltérően az eddig tárgyalt elemfelvételektől. Az átlagos Zn-felvétel alacsonynak adódott ezen a Zn-szegény talajon. A Cu törózsás korban 1-2, virágzáskor 8-13, szár 12-18, magtermés 3-5 g/ha felvett mennyiséggel volt jellemezhető (21. táblázat).

21. táblázat P-ellátás hatása a repce elemfelvételére, 1984

Növényi rész ill. szerv	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470	36	247
	Mg kg/ha					
Hajtás ¹	2	4	4	5	1	4
Hajtás ²	10	16	16	18	2	15
Szár ³	19	26	23	26	4	23
Mag ³	3	4	4	4	1	4
	Fe kg/ha					
Hajtás ¹	0,2	0,4	0,4	0,4	0,1	0,4
Hajtás ²	2,7	4,0	4,5	4,3	1,3	3,9
Szár ³	0,4	0,5	0,5	0,6	0,1	0,5
Mag ³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Mn g/ha					
Hajtás ¹	26	85	98	100	11	77
Hajtás ²	188	368	395	444	45	349
Szár ³	285	397	399	419	51	375
Mag ³	37	48	56	55	12	49
	Zn g/ha					
Hajtás ¹	13	31	35	33	4	28
Hajtás ²	98	123	115	111	16	112
Szár ³	112	115	76	71	28	94
Mag ³	35	40	36	32	5	36
	Cu g/ha					
Hajtás ¹	1,0	2,4	2,2	2,4	0,4	2,0
Hajtás ²	7,7	12,0	13,2	13,4	4,6	11,6
Szár ³	11,8	17,9	15,5	16,1	2,2	15,3
Mag ³	3,3	4,9	4,5	4,6	1,0	4,3

¹04. 17-én (törözsa), ²05. 15-én (virágzás), ³07. 23-án (teljes érés)

A 22. táblázatban a betakarításkori repce elemfelvételének minimum és maximum értékeit a kontroll és túltrágyázott talajon külön is összefoglaltuk. Mivel a növény rendkívül elasztikus, tág határok között változhat a melléktermés/főtermés aránya és elemösszetétele egyaránt, a fajlagos elemtartalma is eltérhet. A bemutatott eredmények szerint a Na esetében 6,5-szeres, míg a többi elemnél mintegy 2-3-szoros eltérések jelentkeznek a minimum és maximum földfeletti mag + szár együttes elemfelvételében. Az 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés (fajlagos) elemigénye 130-140 kg N, 110-130 kg K (130-160 kg K₂O), 80-100 kg Ca (110-140 kg CaO), 22-28 kg Mg (36-46 kg MgO), 19-24 kg P (44-55 kg P₂O₅), 9-22 kg Na, mintegy 600 g Fe, 300 g Mn, 100 g Zn, 15 g Cu.

A 22. táblázatban bemutatott eredmények kapcsán levonható következtetések:

A termésszintektől függetlenül a fajlagos mutatók viszonylag közelállóak. Kivételt képez a Na, melyet nem veszünk figyelembe a szaktanácsadásban. Alacsony magtermés, ill. tág szár/mag arány miatt a fajlagosok (főként a N) némileg emelkedettebbek. Szaktanácsadásban átlagos mutatókkal dolgozunk, ezért

a trágyaigény becslése során a korábban általunk javasolt fajlagos elemtartalmakat tekintjük mérvadónak: 100 kg N, 45 kg P₂O₅, 120 kg K₂O, 100 kg CaO, 34 kg MgO (Kádár 1992). Ezek az irányszámok jelentősen eltérnek az ÉNy-Európában használatos mutatóktól, valamint az arra épülő és hazai szaktanácsadásban ajánlott értékektől, melyeket Antal (1987) is közreadott: 55 kg N, 35 kg P₂O₅, 43 kg K₂O, 50 kg CaO, 10 kg MgO. A P kivételével tehát 2-3-szoros fajlagos igénnyel számolhatunk.

Mivel a jelenkori technológia szerint csupán a magtermés kerül el a tábláról, az 1 t maggal elvitt elemek átlagos mennyisége töredékére csökken: 53 kg N, 7 kg P (16 kg P₂O₅), 8 kg K (10 kg K₂O), 8 kg Ca (11 kg CaO), 5 kg Mg (8 kg MgO), 2,3 kg Na, 267 g Fe, 38 g Mn, 11 g Zn, 3 g Cu. Gyakorlatilag csak a N és P figyelembe vétele indokolt, hiszen szaktanácsadási/trágyázási szempontból a többi elem felvett mennyisége elhanyagolhatóvá válik. A repce ilyen értelemben megszűnik hagyományos K-, Ca-, Mg-igényes kultúrának lenni.

22. táblázat A repce elemfelvételének minimum és maximum értékei a kontroll és a túltrágyázott talajon aratáskor, 1984

Elem jele	Mérték egység	Szár		Mag		Együtt	
		Min	Max	Min	Max	Min*	Max**
N	kg/ha	61	145	34	93	95	238
K	kg/ha	81	178	6	14	87	192
Ca	kg/ha	66	136	3	14	69	150
Mg	kg/ha	17	30	2	9	19	39
Na	kg/ha	5	35	1	4	6	39
P	kg/ha	8	31	5	12	13	43
Fe	g/ha	330	630	70	470	400	1100
Mn	g/ha	208	540	26	67	234	607
Zn	g/ha	36	150	18	20	54	170
Cu	g/ha	6	24	3	5	9	29

* 0,69 t mag és 5,8 t szár; ** 1,76 t mag és 10,5 t szár

A 23. táblázat eredményei szerint a repce átlagosan 4,4 g 1000-mag tömege érdemben nem változott a kezelések hatására. A mag olajtartalma viszont 41,8 %-ról 39,6 %-ra süllyedt a N adagolás nyomán. Zsírösszetétel a repcére, ill. a Yet Neuf fajtára jellegzetes képet mutatva: 60,1 % olajsav, 24,6 % linolsav, 9,4 % linolensav, 4,4 % palmitinsav, 1,5 % eicosensav (ejkozánsav), 0,8 % erukasav. A N-trágyázással igazolhatóan emelkedett a linolensav és a linolsav, valamint csökkent az olajsav tartalma a magban. Hasonló irányú és mértékű változásokat okozott a P-kínálat javulása is. Olajhozam a kontrollhoz mért 338 kg-ról 719 kg/ha-ra ugrott az együttes NP-trágyázással. Depressziót a túltrágyázás sem okozott. Igazolható termésmöbbleteket azonban a 150 mg/kg AL-P₂O₅ és az évenként adott 100 kg/ha N-adat felett már nem kaptunk, bár tendenciájában az olajhozam még némileg növekedett.

23. táblázat NxP, ill. a N és P ellátás hatása a repcemag néhány jellemzőjére, 1984

Mért jellemzők	N-trágyázás kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
NP-kezelések átlagában						
1000-mag, g	4,3	4,4	4,4	4,4	0,1	4,4
Olaj, %	41,8	40,0	39,7	39,6	0,5	40,3
Zsírsavak az olajban, %:						
Eicosensav (C20:1)	1,5	1,5	1,5	1,5	0,1	1,5
Palmitinsav (C16)	4,4	4,4	4,4	4,3	0,2	4,4
Linolensav (C18:3)	9,0	9,5	9,6	9,6	0,3	9,4
Linolsav (C18:2)	24,1	24,7	24,8	24,8	0,3	24,6
Olajsav (C18:1)	61,0	59,9	59,7	59,8	0,4	60,1
Mért jellemzők, ill. N-trágyázás	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	76	150	292	470		
NK-kezelések átlagában						
1000-mag, g	4,3	4,4	4,4	4,4	0,1	4,4
Olaj, %	40,3	40,2	40,4	40,2	0,5	40,3
Zsírsavak az olajban, %:						
Eicosensav (C20:1)	1,6	1,5	1,5	1,5	0,1	1,5
Palmitinsav (C16)	4,3	4,4	4,4	4,4	0,2	4,4
Linolensav (C18:3)	9,2	9,4	9,7	9,5	0,3	9,4
Linolsav (C18:2)	24,0	24,6	24,9	24,8	0,3	24,6
Olajsav (C18:1)	61,0	60,1	59,6	59,6	0,4	60,1
N kg/ha/év	Olajhozam kg/ha (K-kezelések átlagában)					
0	338	333	344	321		334
100	424	591	643	622	131	570
200	417	629	658	638		586
300	449	657	645	719		618
Átlag	407	553	573	575	65	527

Megjegyzés: Erukasav (C22:1) átlagosan 0,8 %

A 24. táblázatban bemutatott alapvizsgálati jellemzők szerint a talaj mélyebb rétegeiben nő a CaCO₃ %-a, pH_{KCl}, valamint a könnyen oldható Mg és Na tartalma. Ezzel párhuzamosan csökken a kötöttség, valamint a könnyen oldható P, K, Zn készlete az altalaj löszös anyagában. A 0-60 cm réteg víztartalma 14-15 %, míg az alatta levő 60-300 cm rétegé 10-11 % volt 1984. 08. 15-én, a repce aratása után 3 héttel, mintegy 60 mm csapadék után. A repce kiszárította a talajt, csak a lekerülése után hullott kb. 60 mm csapadék beázása növelte a 0-60 cm réteg nedvességtartalmát átlagosan 4 %-kal. Hely hiányában csak a 100-200, ill. 200-300 cm rétegek vizsgálati eredményeinek átlagait közöljük.

24. táblázat A talaj alapvizsgálati jellemzői a 0-3 m rétegben, 1984

Mintavétel mélysége, cm	pH _{KCl}	CaCO ₃ %	K _A	AL- oldható		KCl- oldható		EDTA- oldható	
				K ₂ O	P ₂ O ₅	Mg	Na	Mn	Zn
0-20	7,3	3	51	163	80	188	39	89	1,5
20-40	7,3	5	52	137	62	181	41	44	1,2
40-60	7,3	11	53	98	48	179	61	17	0,6
60-80	7,4	18	53	87	46	183	66	9	0,7
80-100	7,4	19	50	83	40	225	63	9	0,7
0-100	7,3	11	52	114	55	191	54	34	0,9
100-200	7,6	20	40	81	32	337	69	11	0,4
200-300	7,8	18	36	58	24	380	62	17	0,5

6 pontminta átlagában kapott eredmények. A víztartalom 14-15 a 0-60 cm, ill. 10-11 % a 60-300 cm rétegben. Vizsgálatokat a Velencei NAÁ végezte.

A táblázatból megállapítható, hogy a NO₃-N az altalajban dúsult, maximuma a 60-200 cm rétegben volt az intenzíven trágyázott kezelésekben. A 300 kg/ha/év N-kezelésben az 1 m réteg NO₃-N készlete 455 kg, az 1-2 m közötti rétege 600 kg, a 0-3 m rétege összesen 1300 kg/ha mennyiséget tett ki és egy nagyságrenddel haladta meg a trágyázatlan talajét. A 0 és a 100 kg/ha N adagok nyomán érdemi bemosódás nem jelentkezett, tehát csak a növények által fel nem vett, a túltrágyázás által okozott N-többletet fenyegeti a kilúgzás veszélye.

A KCl-oldható szulfát ionok felhalmozódási maximumát szintén a 60-200 cm rétegben találtuk a NO₃-N profilhoz hasonlóan. A 11 év alatt felhasznált maximálisan 16,5 t/ha szuperfoszfát hatására a 3 m réteg szulfát készlete a kontrollhoz viszonyítva a 236 kg-ról 554 kg/ha-ra emelkedett. A mintegy 2000 kg/ha SO₄-S terhelés 1/4-ét használhatták fel a növények és 318 kg/ha többletet mutattunk ki oldható formában, mely a talajban maradt 1500 kg S-készletnek 20-25 %-ára becsülhető. Ugyanakkor a növény által fel nem vett N-többlet 30-50 %-át találtuk meg NO₃-N formában. A műtrágyákkal bevitt N és S talajban maradó, növény által nem hasznosított tömege részben megkötődhetett a talaj szerves és ásványi anyagaiban, beépülhetett a mikroszervezetek testébe, ill. a levegőbe távozhatott. Az általunk bemutatott becslés hibáját pontosan nem ismerjük, tehát nagyságrendeket, tendenciákat próbáltunk értékelni. A becslésnél 1 mg/kg egyenlő közelítően 3 kg/ha a 0-20 cm, ill. a 0-100 cm talajrétegben 1 mg/kg egyenlő 14 kg/ha faktorról számoltunk (25. táblázat).

N-műtrágyákat pétisó (azaz NH₄NO₃ + CaCO₃) formában adagoltunk. Ezen a jól szellőzőtt meszes humusz talajon az ammónia forma is gyorsan átalakul nitráttá és túltrágyázás esetén fenyegeti a kimosódás. Felül kell vizsgálni azt a még helyenként uralkodó (talajtani) szemléletet, miszerint hazánk száraz, negatív vízmérlegű régióiban és a kötöttebb talajokon a kilúgzás nem játszhat érdemi szerepet. A gyökérjárta 60-100 cm réteg alá mosódó N örökre elveszthet a növény, ill. a gazda számára és mint káros környezetszennyező anyag jelenhet meg a talajvízben, ivóvízbázisainkat veszélyeztetve.

25. táblázat N és P műtrágyázás hatása a talaj NO₃-N és SO₄-S tartalmára, 1984

Mintavét. mélysége, cm	N kg/ha/11 év				P ₂ O ₅ kg/ha/11 év			
	0	1100	2200	3300	0	1000	2000	3000
	NO ₃ +NO ₂ -N mg/kg				SO ₄ -S mg/kg			
0-20	6	6	10	17	6	8	8	12
20-40	5	8	12	17	4	6	7	11
40-60	3	3	11	31	5	11	13	17
60-80	4	2	20	43	7	16	20	18
80-100	3	7	28	55	7	17	16	16
0-100	4	5	16	32	6	12	13	15
100-200	2	5	25	43	6	10	13	15
200-300	3	4	11	55	5	8	10	10
	NO ₃ +NO ₂ -N kg/ha*				SO ₄ -S kg/ha*			
0-100	62	70	228	455	81	163	176	207
100-200	32	74	354	600	83	141	181	207
200-300	41	56	155	283	72	109	132	140
Összesen	135	200	737	1338	236	413	489	554

* 1 mg/kg = 14 kg/ha a 0-100 cm rétegben. Adatok 6-6 pontminta elemzésének átlagai. Vizsgálatokat a Velencei NAÁ végezte.

26. táblázat Műtrágyázás hatása a 0-3 m talajszelelvény "összes" sótartalmára, 1984

Műtrágyázás, mintavétel	Műtrágyázási szintek, 1983-1984.				Átlag
	0	1	2	3	
"Összes" sóterhelés műtrágyákkal 1973-1984 között t/ha					
25 %-os pétisó	0,0	4,4	8,8	13,2	8,8
18 %-os szuperfoszfát	0,0	5,5	11,0	16,5	11,0
50 %-os kálisó	0,0	3,0	6,0	9,0	6,0
Összesen	0,0	12,9	25,8	38,7	25,8
"Összes" só a talajban mg/g 1984-ben					
0-100 cm	0,03	0,06	0,34	0,66	0,27
100-200 cm	0,00	0,05	0,73	1,04	0,46
200-300 cm	0,00	0,00	0,47	0,60	0,27
"Összes" só a talajban t/ha 1984-ben*					
0-100 cm	0,4	0,8	4,8	9,2	3,8
100-200 cm	0,0	0,7	10,2	14,6	6,3
200-300 cm	0,0	0,0	6,6	8,4	3,8
Összesen	0,4	1,5	21,6	32,2	13,9

* 1 mg/g = 14 t/ha a 0-100 cm talajrétegben. Adatok 6-6 pontminta elemzésének átlagai.)

A 26. táblázatban összefoglalt adataink szerint a maximális terhelési szinten a 11 év alatt 13,2 t pétisót, 16,5 t szuperfoszfátot és 9,0 t 50 %-os kálisót használtunk fel, azaz összesen 38,7 t műtrágyát, sőt. A 0-3 m talajprofilban 32 t/ha „összes só” találtunk e parcellákon. Figyelembe véve a növényi felvételt is, a becslés legalábbis nagyságrendjében jó egyezést mutat és rávilágít a tartós és intenzív műtrágyázás talajra gyakorolt hatására, a sóterhelésre. Leginkább kifejezetté az 1-2 m réteg dúsulása vált, elérve a 0,1 %-ot.

Összefoglalás

1. A repce kielégítő N-ellátottságát az irodalmi optimumnak megfelelő 4–5% közötti N-tartalom jellemezheti a törőzsás korú/levélváltás utáni hajtásban és a virágzás elején vett kifejlett levélben egyaránt. A javuló N-kínálattal nőtt a növényi szerves kationtartalma (Ca, Mg, Na) is.
2. A törőzsás korú hajtás $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete egy nagyságrenddel változik a kínálat függvényében és kiválóan megfelelhet diagnosztikai célokra. Optimális N-ellátottsági tartományt az 5–10 mg/g, azaz 5–10 ezrelék $\text{NO}_3\text{-N}$ -koncentráció képezheti a szárazanyagban. A növényi N-tartalomban a $\text{NO}_3\text{-N}$ részaránya a kontrollhoz viszonyítva 4-ről 20 %-ra emelkedett a N-túltrágyázás nyomán.
3. A repce kielégítő P-ellátottságát a törőzsás korú hajtásban 0,6–0,7 %, a virágzáskori levélben 0,4–0,5 % P-tartalom tükrözheti. A javuló P-kínálattal jelentősen és igazolhatóan nőtt a Na-, valamint csökkent a Zn- és Cu-koncentráció a növényi részekben. A P-Zn antagonizmus latens Zn-hiányhoz vezethetett a foszforral jobban ellátott talajon, irodalmi határértékek alapján.
4. A meghatározó N/P arány tekintetében a törőzsás hajtásban 8–10, a virágzáskori levélben 10–12 N/P arány lehet iránymutató. Az optimális P/Zn hányados – irodalmi adatokkal összhangban – az 50–150 közötti tartományban található mind a törőzsás hajtásban, mind a virágzáskori levélben.
5. A P/Cu hányadosra ilyen közös optimum nem adható meg, mivel a P/Cu aránya közel 1/3-ára szűkül a virágzáskori levélben a törőzsás korú hajtáshoz viszonyítva. A levélben 500–1500, a törőzsás hajtásban 2000–3000 P/Cu arány lehet irányadó. Kísérletünk nem alkalmas azonban a P/Cu arány optimumának szabatos megállapítására.
6. A N/K optima törőzsás hajtásban 0,8–1,2, a virágzáskori levélben 1,2–1,6 értékre tehető a kiegyensúlyozott N- és K-ellátottság becslésénél. A K/P arány optima gyakorlatilag minden föld feletti vegetatív növényi részben 6–8 körül alakult.
7. Tavasszal mintegy 100–150 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlettel kell rendelkeznie a vizsgált talajnak ahhoz, hogy a törőzsás korú hajtás a kívánatos 5 % körüli N-tartalmat elérje, mely biztosíthatja a maximális maghozamokat. A törőzsás hajtás N %-a és a magtermés olajtartalma lineáris, negatív összefüggést mutatott. A N-bőség a fehérjetartalmat növeli az olajhozam rovására. Korai növényelemzéssel a minőség is előre jelezhető.
8. A repce optimális PK-ellátottságát a 150–200 mg/kg AL-oldható P_2O_5 -, ill. K_2O -tartomány jelentheti a szántott rétegben ezen a talajon. Kielégítő N-ellátottságot a 100 kg/ha körüli N, ill. a 0–60 cm talajréteg 100–150 $\text{NO}_3\text{-N}$ -készlete vetés előtt vagy tavasszal. Adatainak iránymutatóul szolgálhatnak a hazai szaktanácsadás számára.

9. A 11 éve nem trágyázott talajon 0,7 t mag + 5,8 t szár, a maximális NPK kínálat esetén 1,8 t mag + 10,5 t szár termett az aszályos nyarú évben. A N-felvétel törórszás korban 16-76, virágzásakor 63-236, aratáskor 94-221 kg/ha között volt a föld feletti termésben a meghatározó NxP tápláltság függvényében. A felvett N 65 %-át a szárban, 35 %-át a magtermésben találtuk. A kinyűhető gyökér mindössze 9-25 kg N-t akkumulált aratáskor, a földfeletti N-felvétel mintegy 10 %-át átlagosan.
10. A repce fajlagos, azaz 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés számított elemigénye: 130-140 kg N, 110-130 kg K (130-160 kg K₂O), 80-100 kg Ca (110-140 kg CaO), 22-28 kg Mg (36-46 kg MgO), 19-24 kg P (44-55 kg P₂O₅), 9-22 kg Na, mintegy 600 g Fe, 300 g Mn, 100 g Zn, 15 g Cu mennyiséget tett ki. Az alacsony magtermés, ill. a tág 6-7 körüli melléktermés/főtermés aránya miatt kísérletünkben a fajlagos mutatók emelkedtek. A hazai szaktanácsadás számára a 100 kg N, 45 kg P₂O₅, 120 kg K₂O, 100 kg CaO, 34 kg MgO átlagos fajlagos tartalmakat tekintjük mérvadónak korábbi munkánk alapján hasonló viszonyok között.
11. Amennyiben kombájn betakarításnál csak a magtermés kerül el a tábláról, 1 t maggal 53 kg N, 16 kg P₂O₅, 10 kg K₂O, 11 kg CaO, 8 kg MgO felvétel jelentkezik. Trágyázási szempontból tehát a N és P figyelembevétele indokolt, a többi elem felvétele elhanyagolhatóvá válik. Megemlítjük még, hogy a virágzástól aratásig tartó időszak alatt a kinyűhető gyökér K, Mg, P, Fe, Mn, Cu készlete 20-60; a N, Na, Zn készlete 100-140, a Ca-felvétel 224 %-kal nőtt átlagosan, ellentétben a földfeletti felvételre jellemző elemvesztéssel. Az elemdúsulás P-hiányos talajon különösen kifejezetté vált, többszörösen meghaladva a P-ral jól ellátott talajon tapasztaltakat.
12. A repce átlagosan 4,4 g 1000-mag tömegét a kezelések érdemben nem befolyásolták. A mag olajtartalmát a N-trágyázás 41,8 %-ról 39,67 %-ra mérsékelte. Az átlagos zsírsavösszetétel a fajtára jellemző képet mutatta: 60,1 % olajsav, 24,6 linolsav, 9,4 % linolensav, 4,4 % palmitinsav, 1,5 % ejsav, 0,8 % erukasav. A N és P ellátottság javulásával egyaránt igazolhatóan nőtt a linolensav és a linolsav, valamint csökkent az olajsav tartalma a magban. Olajhozam a kontrollon mért 338 kg/ha-ról 719 kg/ha-ra javult az együttes NP-trágyázás nyomán. Depressziót a túltrágyázás nem okozott. Igazolható terméstebbleteket a 150-200 mg/kg ammonlaktát-oldható AL-P₂O₅ vagy AL-K₂O ellátottságon túl, illetve az évenként adott 100 kg/ha N-adag felett már nem kaptunk, bár tendenciájában az olajhozam még a túltrágyázott talajon is emelkedett.
13. A KCl-oldható NO₃-N és SO₄-S bemosódási maximumát 11 év után a 60-200 cm talajrétegben találtuk. A növények által fel nem vett műtrágya-N 30-50, a műtrágya-S 20-25 %-át mutattuk ki oldható formában. A maximális terhelésű NPK kezelésben a 11 év alatt 13,2 t pétisót, 16,5 t szuperfoszfátot és 9,0 t 50 %-os KCl-ot használtunk fel, azaz összesen 38,7 t/ha műtrágyát (sót). Az elektromos ellenállás alapján mért "összes só" a 3 m talajprofilban 32 t/ha mennyiséget tett ki, nagyságrendileg jó egyezést mutatott a bevittel, figyelembe véve a növényi felvételeket is (sómérleg). Legkifejezettebben az 1-2 m közötti talajréteg dúsult, a sótartalom itt 0,1 % körülire emelkedett, mely tükrözi az intenzív műtrágyázással okozott környezeti terhelést.

2. Mútrágyázás hatása a mustárra (*Sinapsis alba L.*) 1985

2.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mustár (*Sinapsis alba L.*) fiatal hajtását gyógynövényként, magját fűszerként már az ókori Rómában is használták. A Földközi-tenger mellékéről származó növény ökotípusai a Balkánon és Svédországban egyaránt megtalálhatók. A viszonylag hidegtűrő és jó tápanyagfeltárási gyökézzel rendelkező mustárt *Minkevics és Borkovszkij (1951)* szerint zöldtrágyanövényként, takarmányként a szubtrópusi tájak citrusültetvényein és Oroszország északi, sarkkörig terjedő vidékein egyaránt termesztik. Kontinentális klíma alatt a vízhiány korlátozhatja elterjedését, bár rövid (3–4 hónapos) tenyészideje lehetővé teszi, hogy a száraz évszak beköszönte előtt magra is betakarítsák.

A mustárfajták közül (fehér, barna, fekete) hazánkban és ÉNy-Európa hűvösebb, csapadékosabb tájain csupán a fehér mustárt termesztik takarmány-, zöldtrágya- és fűszernövényként. Magyarországon márciusban elvetve már június elejével folyamatosan virágzik és július végével–augusztus elejével beérik. Ajánlott a 24 cm sortáv, 50–60 db/fm csírával, 1–2 cm mélyre vetve, 12–15 kg/ha vetőmaggal. Ny-Európában és korábban nálunk is a ritkább (30–40 cm) sortávot javasolták kevesebb vetőmaggal. Szárazságban azonban a termés csökkenhet, nedves időben viszont nagytestű, fás szárú növények fejlődnek és lassul az érés, megnehezül a betakarítás (*Geisler, 1998; Földesi, 1994*).

Vetés után 4–5 nappal az állomány már kikel, gyorsan beborítja a talajt, jó gyomelnyomó képességű. Karógyökere jól behálózza a talajt, de nem hatol mélyre, a növény kinyútható. Éréskor a lomb leszárad és a talaj ismét fedetlenné válik, a talaj szerkezete romolhat. Egyenetlenül érlik, a mag ilyenkor 15–18 % víztartalmú, a szártövek még zölddek lehetnek. Becőtermésében 3–6 mag található, növényenként 100–200 maggal. Ezermagtömege 3–6 g, az átlagos magtermése 0,6–1,2, melléktermése 1,5–3,0 t/ha, zöldtakarmányként 6–15 t/ha tömeget adhat (*Láng, 1976; Antal, 1987*).

A talaj fizikai féleségével és az előveteménnyel szemben a növény nem különösebben igényes, de rövid tenyészideje alatt nagymennyiségű vizet és tápelemet kell felvennie. *Cserhúti (1901)* ezért hangsúlyozza, hogy a mustár nagy terméseket csak a jó erőben levő talajon ad. Megjegyzi még, hogy „... nálunk nagyon elvétele termelik, mert a száraz klíma alatt nem jól díszlik. Ápolásban rendszeresen nem részesül.” *Grábner (1948)* szintén kiemeli, hogy nagyobb termésre az istállótrágyázott kapás után számíthatunk „a meszes, igényes talajon”. *Minkevics és Borkovszkij (1951)* a trágyaszegény oroszországi körülmények között úgy gondolják, hogy a mustár termesztésére legalkalmasabb a tápanyagban gazdag feltört ugar, parlag vagy a szűzföld talaja.

Az istállótrágya lassan feltárási tápanyagait a mustár csak részben képes rövid tenyészideje alatt hasznosítani, nagy vegetatív tömeg és kevés mag képződik, az érés elhúzódik. Szerves trágyát az elővetemény alá kell kiadni (*Prjanisnyikov, 1965*). A bőséges istállótrágyázásban részesült mustár *Becker–Dillingen (1934)* szerint ugyanis „nem hagyja abba a virágzást”. Megemlíthető még, hogy a növény érzékeny a talajszennyezésre, növényvédőszer-maradványokra és a

talajsavanyúságra egyaránt. E tekintetben gyakran indikátor növényként szerepel, mint „mustár-teszt” a vonatkozó vizsgálatokban.

Sajnos, a mustár műtrágyázására vonatkozó olyan szabatos kísérleti eredmények, melyek a gyakorlatnak megbízható tájékoztatást adhatnának, nincsenek. E tekintetben a mustár a mákhoz hasonlóan periférikus kultúrának minősül mind hazánkban, mind külföldön. Nem ismert részleteiben a növény trágyareakciója, tápelemfelvételi mechanizmusa, fajlagos elemigénye, növénydiagnosztikai optimumai a főbb makro- és mikroelemekre, a talajvizsgálati adatok és a termés, ill. minőség összefüggése stb. Az agrokémiai háttér/alapozó kutatás adósságai miatt nem valósulhat meg a talaj- és növényvizsgálatokra támaszkodó tudományos igényű szaktanácsadás, mely a racionálisabb termelést segíthetné. Munkánk célja az említett hiányosságok részbeni pótlása.

2.2. Anyag és módszer

A kísérlet 12. évében (1985-ben) a dán eredetű anyagból szelektált Budakalászi sárga mustárt termesztettük. A fajta nagymagvú, ezermagtömege 6–7 g, glikozid- (szin-albin) készlete 4–5 %, zsírolajtartalma 28–30 %, magtermése 0,6–1,2 t/ha. A minősítés szerint nem túl trágyaigényes, a bőséges N-adagolás megdőlést és elhúzódó érést eredményezhet. A vetés április 19-én történt 2 cm mélyen, 24 cm sortávra, 12 kg/ha vetőmag felhasználásával. Növényminta-vételre május 23-án (törőzsás korban), június 3-án (virágzás elején), július 15-én (érés idején) és augusztus 22-én (aratáskor) került sor 4–4 fm, azaz 1 m² föld feletti növényi anyag begyűjtésével parcellánként.

A növénymintáknak megmértük a friss és légszáraz súlyát, majd meghatároztuk fontosabb makro- és mikroelemek koncentrációját. Külön elemeztük a betakarításkori szár-, becő- és magmintákat. A magtermés olaj %-át és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriuma határozta meg. Parcellánként 20–20 pontból átlagmintákat képeztünk a 0–20, 20–40 és 40–60 cm talajrétegből vetéskor, hogy az egyes kezelések tavaszi NO₃-N-készletéről adatokat nyerjünk. Aratást követően a mintavételt megismételtük.

Az elővetemény őszi káposztarepcét 1984. július 23-án takarítottuk be. Ezt követően a talaj augusztusban 61, szeptemberben 115, októberben 54, novemberben 54, decemberben 39 mm csapadékot kapott. A vetésig 1985-ben még 116 mm csapadékot mértünk (január, február, március havi összegek). Összesen tehát 385 mm csapadékkal gazdagodhatott elvileg a kísérlet talaja. Megemlítjük, hogy a repce betakarítása idején a talaj teljesen kiszáradt, a víztartalom 3 m mélységig 10–11 % körül ingadozott.

A mustár számára kedvezően alakult, hogy nem lépett fel téli aszály és a vetés idejére a talaj jelentős vízkészletet tárolhatott. Ezután áprilisban 23, májusban 55, júniusban 87, júliusban 24, és augusztusban 77 mm eső hullott. Az augusztusi csapadékot a növény valójában már nem tudta hasznosítani az érés végén, amikor a lomb részben leszáradt. A tenyészidő alatti csapadék eloszlása megfelelőnek tekinthető, hiszen májusban az 55 mm kielégítette a fiatal állomány vízigényét, virágzás–érés idején (június–július) pedig a talaj mélyebb rétegeinek vízkészletéből és a felszíni (összesen 111 mm eső) csapadékból egyaránt meríthetett. A kísérletben

alkalmazott műtrágyázást, valamint a talaj oldható elemkészletének adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Az alkalmazott műtrágyázás és a talaj oldható elemkészlete

Műtrágyázás, talajmintavétel	Műtrágyázási szintek (1973–1985)				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/12 év	0	1200	2400	3600	-	1800
P ₂ O ₅ kg/ha/12 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O kg/ha/12 év	0	1500	3000	4500	-	2250
NO ₃ -N kg/ha vetéskor (N-szinteken)						
0–20 cm	40	44	56	60		50
20–40 cm	20	39	40	48	26	37
40–60 cm	40	45	82	133		75
0–60 cm	100	128	178	241	18	162
AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg (P-szinteken)						
0–20 cm	89	142	255	384	21	218
AL-oldható K ₂ O mg/kg (K-szinteken)						
0–20 cm	140	220	361	468	24	297

Megjegyzés: A mintavétel és a vizsgálat 1986-ban történt

1985 tavaszán (a mustár vetésekor) a 12 éve trágyázatlan talaj 0–60 cm rétege még 100 kg/ha NO₃-N-t tartalmazott. Az évente 300 kg N/ha trágyázotton ez a készlet 241 kg/ha-ra nőtt, döntően a 40–60 cm rétegben akkumuláltan. A szántott rétegben az AL-oldható P₂O₅-, ill. K₂O-tartalmak egyaránt tükrözik a gyenge, közepes, kielégítő és túlzott ellátottsági szinteket. A talajmintavétel a 0–20 cm rétegből történt parcellánként 1986-ban, 20–20 pontmintából képzett átlagmintákkal. Az őszi káposztarepce betakarítása után tarlóhántást végeztünk, majd 1984. október 25-én szántottuk alá a parcellákra kézzel kiszórt műtrágyaadagokat. A tavaszi mag-ágykészítést a tárcsázás, kombinátorozás és a fogasolás jelentette. A vetést könnyű hengerral zártuk le.

2.3. Termés, minőség, összetétel

A mustár fejlődését, termését döntően a NxP-ellátás határozta meg. A nitrogénnel és foszforral egyaránt bőségesen ellátott kezelésekben az állomány buján fejlődött, haragoszöld színt mutatott és nagyobb víztartalommal rendelkezett. A légszáraz anyag törőzsás korban és virágzáskor átlagosan 12 %-ot, míg érés idején 31 %-ot tett ki. A N-trágyázás törőzsás állapotban 2, virágzáskor 5, érés idején közel 10 %-os szárazanyag-csökkenést okozott. A P-trágyázás 4–5, a K-trágyázás 1–2 %-kal ugyancsak mérsékelte a szárazanyagot a törőzsáskori és az éréskori föld feletti hajtásban.

A július 15-én végzett bonitálás szerint a trágyázatlan talajon elvirágzott, érésben előrehaladott barnuló állományt, míg az NPK-túltrágyázott kezelésekben zöld, 5–10 %-ban még virágzó növényeket találtunk. A hajtás légszáraz tömege május 23-án 0,9, június 3-án 2,7, július 15-én 7,8 t/ha mennyiséget tett ki átlagosan.

A szárazanyag-gyapodás imponáló, hiszen nem egészen 2 hónap alatt a föld feletti tömeg 8–10-szeresére nőtt. Májusban a P-hatások, éréskor már a N-hatások domináltak. A 2. táblázatban bemutatott eredményeink szerint az együttes NP-trágyázás nyomán a hozamok 2–2,5-szeresre emelkedtek. A K-trágyázás mérsékelten, átlagosan 10 %-kal szintén növelte a hajtás tömegét. A friss, zöldhajtás tömege május 23-án 2–15 (átlag 8 t/ha), június 3-án 11–36 (átlag 23 t/ha), július 15-én 11–44 (átlag 27 t/ha) között ingadozott az NPK-ellátás függvényében.

2. táblázat A NxP-ellátás hatása a mustár légszáraz termésére (t/ha), 1985

P-ellátottság AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	N-ellátás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag 150
	0	100	200	300		
Tőrőzsás hajtás (május 22-én)						
89	0,5	0,6	0,6	0,6		0,6
142	0,8	1,0	1,1	0,9	0,3	1,0
255	0,7	1,2	1,2	1,3		1,1
384	0,9	1,1	1,1	1,1		1,0
Átlag	0,7	1,0	1,0	1,0	0,1	0,9
Virágzáskori hajtás (június 3-án)						
89	1,8	1,9	1,8	2,3		1,9
142	2,0	2,9	3,1	3,1	0,5	2,8
255	2,0	3,0	3,4	3,7		3,0
384	2,3	3,1	3,3	3,7		3,1
Átlag	2,0	2,7	2,9	3,2	0,3	2,7
Érészori föld feletti tömeg (július 15-én)						
89	4,1	6,0	6,3	7,7		6,0
142	4,9	8,7	9,1	10,8	2,2	8,4
255	5,0	8,4	9,0	10,7		8,3
384	4,9	8,7	10,1	10,3		8,5
Átlag	4,7	8,1	8,8	9,9	1,1	7,9
Szár + becő (augusztus 22-én)						
89	2,8	3,5	4,0	4,1		3,6
142	2,9	5,2	5,7	5,7	0,6	4,9
255	2,9	5,2	5,7	5,9		4,9
384	3,1	5,2	5,5	5,7		4,9
Átlag	2,9	4,8	5,2	5,3	0,3	4,6
Magtermés (augusztus 22-én)						
89	1,1	1,4	1,6	1,6		1,4
142	1,2	2,1	2,3	2,2	0,3	1,9
255	1,2	2,1	2,3	2,4		2,0
384	1,2	2,1	2,2	2,3		2,0
Átlag	1,2	1,9	2,1	2,1	0,2	1,8

Megjegyzés: A K-trágyázás 8–10 % terméstöbbletet adott átlagosan. A becő 1,0–2,0, az aratáskori összes föld feletti hozam 3,9–8,0 t/ha között ingadozott a NP-ellátástól függően

Betakarításkor a szár 3,0, a becő 1,6, a mag 1,8, az összes föld feletti hozam 6,4 t/ha légszáraz anyagot jelentett. A kontrollparcellák termését az együttes NxP-trágyázás megkétszerezte. A K-hatások a szemtermésben már nem voltak statisztikailag igazolhatók. Az összes föld feletti hozam 47 %-át a szár, 25 %-át a becő, 28 %-át a mag alkotta. Maximális termések a 140–150 mg/kg AL-P₂O₅, ill. 140–200 mg/kg AL-K₂O ellátottságú talajon és az évenként adott 200 kg/ha N-adagnál jelentkeztek. A N, P vagy K extrém túltrágyázás nem okozott termésdepressziót. Megállapítható tehát, hogy a mustár kifejezetten trágyaigényes kultúra (2. táblázat).

3. táblázat A N-ellátás hatása a légszáraz mustár elemtartalmára, 1985

Növényi szervek	N-ellátás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	N %					
Hajtás ¹	3,48	4,00	4,21	4,01	0,17	3,92
Hajtás ²	2,75	3,29	3,61	3,71	0,10	3,34
Hajtás ³	1,97	2,22	2,48	2,58	0,12	2,31
Szár ⁴	0,88	0,91	0,96	1,02	0,11	0,94
Becő ⁴	1,08	1,25	1,42	1,55	0,11	1,32
Mag ⁴	4,86	5,14	5,42	5,39	0,09	5,20
	K %					
Hajtás ¹	4,08	4,06	4,16	4,26	0,27	4,14
Hajtás ²	3,50	3,76	4,06	4,43	0,12	3,94
Hajtás ³	1,48	1,66	1,82	1,94	0,08	1,72
Szár ⁴	0,30	0,35	0,41	0,46	0,06	0,38
Becő ⁴	0,24	0,24	0,26	0,29	0,04	0,26
Mag ⁴	0,90	0,87	0,89	0,90	0,08	0,89
	Ca %					
Hajtás ¹	2,22	2,57	2,76	2,65	0,14	2,55
Hajtás ²	1,74	1,86	2,08	2,25	0,11	1,98
Hajtás ³	1,89	1,91	1,88	1,96	0,10	1,91
Szár ⁴	1,14	1,19	1,20	1,23	0,13	1,19
Becő ⁴	1,96	2,17	2,38	2,60	0,18	2,28
Mag ⁴	0,52	0,47	0,45	0,47	0,05	0,48
	Mg %					
Hajtás ¹	0,36	0,39	0,39	0,41	0,03	0,39
Hajtás ²	0,20	0,22	0,24	0,26	0,02	0,23
Hajtás ³	0,23	0,26	0,27	0,26	0,02	0,25
Szár ⁴	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	0,10
Becő ⁴	0,17	0,17	0,18	0,20	0,04	0,18
Mag ⁴	0,30	0,28	0,29	0,29	0,03	0,29

¹05.23-án (törőzsás kor); ²06.03. (virágzás); ³07.15. (érés); ⁴08.22. (aratás)

Amint a 3. táblázatban megfigyelhető, a N-kínálat javulásával minden növényi szervben igazolhatóan nőtt a N %-a. Nitrogénben a leggazdagabb a törőzsáskorú hajtás és magtermés volt. A főbb kationok (K, Ca, Mg) beépülését a növények

fiatal hajtásába a N-bőség ugyancsak serkentette. A betakarításkori szár, becő és mag a kalcium és magnézium esetében már nem mutatta ezt a serkentő hatást, míg a kálium dúsulása a szárban és becőben továbbra is fennállt a N hatására. A kálium döntően a fiatal hajtásban, a kalcium a hajtásban és a becőben, míg a magnézium a törőzsáskorú hajtásban és a magtermésben akkumulálódott.

4. táblázat A P-ellátottság hatása a légszáraz mustár elemtartalmára, 1985

Növényi szervek	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
	P %					
Hajtás ¹	0,27	0,40	0,46	0,49	0,02	0,41
Hajtás ²	0,33	0,38	0,42	0,46	0,02	0,40
Hajtás ³	0,28	0,36	0,40	0,44	0,02	0,37
Szár ⁴	0,07	0,10	0,13	0,14	0,02	0,11
Becő ⁴	0,09	0,15	0,23	0,29	0,03	0,19
Mag ⁴	0,63	0,74	0,84	0,84	0,08	0,76
	Ca %					
Hajtás ¹	2,34	2,48	2,64	2,70	0,02	2,54
Hajtás ²	2,00	1,90	1,92	2,12	0,02	1,98
Hajtás ³	1,66	1,92	2,01	2,00	0,10	1,91
Szár ⁴	1,16	1,20	1,21	1,20	0,13	1,19
Becő ⁴	1,88	2,21	2,48	2,54	0,18	2,28
Mag ⁴	0,41	0,47	0,50	0,52	0,05	0,48
	Mg %					
Hajtás ¹	0,47	0,37	0,35	0,36	0,03	0,39
Hajtás ²	0,24	0,22	0,23	0,23	0,02	0,23
Hajtás ³	0,22	0,26	0,26	0,26	0,02	0,25
Szár ⁴	0,08	0,10	0,10	0,10	0,01	0,10
Becő ⁴	0,14	0,18	0,20	0,20	0,04	0,18
Mag ⁴	0,25	0,29	0,31	0,30	0,03	0,29
	Zn, mg/kg					
Hajtás ¹	47	42	39	36	4	41
Hajtás ²	43	38	27	24	6	33
Hajtás ³	23	20	17	15	2	19
Szár ⁴	13	12	7	6	3	10
Becő ⁴	16	14	13	12	2	14
Mag ⁴	39	35	32	30	4	34

¹05.23-án (törőzsás kor); ²06.03. (virágzás); ³07.15. (érés); ⁴08.22. (aratás)

Látványosan emelkedett a P-tartalom minden növényi szervben a P-ellátással. Nőtt ugyanitt általában a Ca- és Mg-koncentráció is, míg a P-Zn antagonizmus eredményeképpen a Zn-beépülés gátolt volt. Feltehető a latens, P-indukálta Zn-hiány kialakulása ezen a cinkkel eredetileg is gyengén ellátott talajon. A szár jelezte a legkifejezettebben a Zn-tartalom csökkenését. A 4. táblázat adatai szerint

a magtermés gazdag foszforban, mely általában is jellemző az olajos mag-vakra. Maximális Zn-koncentrációkat a fiatal hajtásban és a magtermésben találunk.

A talaj K-kínálatával nőtt a vegetatív növényi részek K %-a, különösen a tenyészidő első felében. Kifejeződött a K–Ca, ill. K–Mg ionantagonizmus a felvételen, a Ca- és Mg-koncentrációk általában süllyednek az AL-K₂O-tartalom növekedésével. A Cu beépülésében egyértelmű összefüggést nem lehetett megállapítani. Megemlítjük, hogy a becőben, ill. magban 84, ill. 28 mg/kg Mn, és 6, ill. 6 mg/kg Cu volt átlagosan a légszáraz anyagban, és igazolhatóan nem módosult a kezelések függvényében (5. táblázat).

5. táblázat A K-ellátottság hatása a légszáraz mustár elemtartalmára, 1985

Növényi szervek	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%} 24	Átlag 297
	140	220	361	468		
	K %					
Hajtás ¹	2,79	4,14	4,68	4,94	0,27	4,14
Hajtás ²	3,26	4,00	4,17	4,33	0,12	3,94
Hajtás ³	1,56	1,62	1,76	1,96	0,08	1,72
Szár ⁴	0,36	0,38	0,38	0,40	0,06	0,38
	Ca %					
Hajtás ¹	2,84	2,58	2,39	2,36	0,14	2,55
Hajtás ²	2,16	2,03	1,88	1,86	0,11	1,98
Hajtás ³	1,94	1,97	1,88	1,85	0,10	1,91
Szár ⁴	1,21	1,19	1,16	1,20	0,13	1,19
	Mg %					
Hajtás ¹	0,48	0,39	0,36	0,32	0,03	0,39
Hajtás ²	0,25	0,24	0,23	0,21	0,02	0,23
Hajtás ³	0,28	0,26	0,24	0,23	0,02	0,25
Szár ⁴	0,10	0,09	0,10	0,09	0,01	0,10
	Mn, mg/kg					
a) Hajtás ¹	203	170	163	158	16	174
a) Hajtás ²	65	60	58	58	4	60
a) Hajtás ³	33	31	31	31	2	31
b) Szár ⁴	16	15	15	16	3	16
	Cu, mg/kg					
a) Hajtás ¹	6,2	6,5	7,0	8,1	1,1	6,9
a) Hajtás ²	6,6	6,2	6,0	6,2	0,6	6,3
a) Hajtás ³	5,0	5,1	4,9	5,1	0,5	5,0
b) Szár ⁴	3,1	3,4	3,5	3,6	0,5	3,5

¹05.23-án (törőrszás kor); ²06.03. (virágzás); ³07.15. (érés); ⁴08.22. (aratás)

Megemlítjük, hogy a mag Na-tartalma 15–20 mg/kg között ingadozott a kezelésektől függetlenül. Ezzel szemben a vegetatív növényi részekben a Na-koncentráció 1 vagy 2 nagyságrenddel megemelkedett és extrém módon jelezte a NxP-ellátottsági szituációkat, együtt nőtt a NP-kínálattal. A N₀P₀- és N₃P₃-kezelésekben mért Na-koncentrációk az alábbiaknak adódtak: becőben 79 és 388, szárban 200 és 2200, éréskori hajtásban 500 és 2300, virágzáskori hajtásban 1000

és 4000, tő-rózsáskorú hajtásban 800 és 3300 mg/kg légszáraz anyag. A kontrollhoz viszonyított Na-tartalom tehát az együttes NP-túlsúly nyomán 4–11-szeres emelkedést mutatott. A nátrium luxusfelvételét (hasonlóan a Zn kiürüléséhez, hiányához) legkifejezettebben a szártermés mutatta. A szár, mint a tápanyagok tárolásának szerve, jó indikátor.

6. táblázat P-ellátottság hatása a légszáraz mustár főbb elemarányaira, 1985

Növényi szervek	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
P/Cu arány						
Hajtás ¹	411	646	721	804	84	646
Hajtás ²	460	657	700	781	88	650
Hajtás ³	577	728	823	830	64	740
Szár ⁴	221	288	387	411	42	327
Becő ⁴	171	266	372	468	39	319
Mag ⁴	1099	1276	1436	1291	106	1276
P/Zn arány						
Hajtás ¹	59	102	133	136	22	108
Hajtás ²	84	125	177	218	24	151
Hajtás ³	126	170	243	296	39	209
Szár ⁴	84	127	272	284	35	192
Becő ⁴	60	128	194	200	32	146
Mag ⁴	163	216	262	271	28	228
P/Mn arány						
Hajtás ¹	12	26	30	35	7	26
Hajtás ²	49	67	77	76	8	67
Hajtás ³	90	121	129	142	14	121
Szár ⁴	47	61	81	99	17	72
Becő ⁴	13	20	26	31	8	22
Mag ⁴	232	273	296	304	19	276
N/P arány						
Hajtás ¹	13	10	9	8	2	10
Hajtás ²	11	9	8	7	2	9
Hajtás ³	8	7	6	5	1	6
Szár ⁴	13	10	8	7	2	10
Becő ⁴	12	9	6	5	2	8
Mag ⁴	8	7	6	6	1	7
P/Mg arány						
Hajtás ¹	0,6	1,1	1,4	1,4	0,2	1,1
Hajtás ²	1,4	1,4	1,9	2,0	0,2	1,8
Hajtás ³	1,3	1,4	1,6	1,7	0,2	1,5
Szár ⁴	0,9	1,0	1,2	1,6	0,2	1,2
Becő ⁴	0,6	0,9	1,2	1,5	0,3	1,0
Mag ⁴	2,5	2,6	2,7	2,8	0,2	2,6

¹05.23-án (tőrózsás kor); ²06.03. (virágzás); ³07.15. (érés); ⁴08.22. (aratás)

A főbb elemarányok vizsgálata a tápláltság kiegyensúlyozottságát, minőségét tükrözheti. A P/Cu aránya a törőzsáskorú hajtásban 411-ről 804-re, a szár- ban 221-ről 411-re, a becőben 171-ről 468-ra emelkedett. A P/Zn aránya ugyan-itt 59 és 136, 84 és 284, ill. 60 és 200 értéket mutatott. A magtermésben 163-ről 271-re nőtt a P/Zn aránya a P-trágyázással. A P/Mn aránya a diagnosztikai szempontból fontos törőzsáskorú hajtásban 12-ről 35-re, a N/P aránya 13-ről 8-ra, a P/Mg aránya 0,6-ről 1,4-re változott (6. táblázat).

7. táblázat N-ellátás hatása a mustár elemfelvételére, 1985

Növényi szervek	N-ellátás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N, kg/ha						
Hajtás ¹	24	40	42	40	4	36
Hajtás ²	55	89	105	119	10	92
Hajtás ³	93	180	218	255	19	186
Szár ⁴	17	28	33	36	3	28
Becő ⁴	11	21	26	29	3	22
Mag ⁴	56	97	113	115	11	95
K, kg/ha						
Hajtás ¹	29	41	42	43	4	39
Hajtás ²	70	102	118	142	13	108
Hajtás ³	70	134	160	192	15	139
Szár ⁴	6	11	14	16	2	12
Becő ⁴	2	4	5	5	1	4
Mag ⁴	11	16	19	19	2	16
Ca, kg/ha						
Hajtás ¹	16	26	28	27	4	24
Hajtás ²	35	50	60	72	6	54
Hajtás ³	89	155	165	194	18	150
Szár ⁴	22	37	41	43	4	36
Becő ⁴	20	37	44	49	5	37
Mag ⁴	6	9	9	10	1	9
Mg, kg/ha						
Hajtás ¹	2,5	3,9	3,9	4,1	0,4	3,6
Hajtás ²	4,0	5,9	7,0	8,3	0,7	6,3
Hajtás ³	10,8	21,1	23,8	25,7	3,8	20,4
Szár ⁴	1,8	3,0	3,2	3,3	0,3	2,8
Becő ⁴	1,7	2,8	3,4	3,8	0,4	3,0
Mag ⁴	3,4	5,6	6,1	6,2	0,6	5,3

¹05.23-án (törőzsás kor); ²06.03. (virágzás); ³07.15. (érés); ⁴08.22. (aratás)

A K-hoz viszonyított elemarányok is látványosan módosultak a K-ellátottság növelésével. Így pl. a törőzsáskorú hajtásban a kontrollparcellán mért K/Na aránya

16-ről 63-ra, a K/Mg aránya 6-ról 16-ra, a K/P aránya 7-ről 12-re, a K/Ca aránya 1,0-ről 2,1-re tágult a maximális K-ellátottságú kezelésben.

A bemutatott koncentrációk és elemarányok változása arra utalt, hogy a tenyészidő elején vett törózsáskorú hajtás, valamint az aratáskori szalma összetétele képes legérzékenyebben jelezni a tápláltságbeli anomáliákat, vagyis az előálló hiányt vagy túlsúlyt, ill. az optimális ellátottsági szituációkat. A szaktanácsadás számára (a fejtrágyaigény pontosítására) a törózsáskorú hajtás összetétele adhat eligazítást. Kísérletünk szabatosan csak a N-, P- és K-ellátottsági optimumok megállapítására alkalmas. A törózsáskorú hajtás optimumának a 4,0–4,5 % N, 0,35–0,45 % P, 4,0–4,5 % K, valamint a 8–12 körüli N/P, 8–12 K/P, ill. 0,8–1,2 N/K arány tekinthető.

A mustár trágyaigényes kultúrának minősül, érés kezdetén a föld feletti hajtásba pl. 255 kg N, 192 kg K, 194 kg Ca, 26 kg Mg épült be a 300 kg/ha/év kezelései parcellákon. A javuló N-kínálattal a N-, K-, Ca- és Mg-felvétel átlagosan 2–2,5-szeresére emelkedett a növényi szövetekben (7. táblázat). Megemlítjük, hogy a talaj AL-oldható P-készletének növelésével a felvett P mennyisége 2–4-szeresére, míg a Ca és Mg átlagosan szintén 30–60 %-kal nőtt. A javuló K-ellátottság hatására mérsékelten emelkedett a növényi részekbe épült K, valamint csökkent a Ca és Mg mennyisége.

A légszáraz föld feletti növényi biomassza május 23-án 0,9 t, június 3-án 2,7 t, július 15-én 7,9 t, aratáskor (aug. 22-én) 6,4 t mennyiséget tett ki ha-onként átlagosan. Az érés folyamán a lehulló lombbal betakarított biomassza tömege közel 20 %-kal csökkent. A növényben talált N viszont átlagosan 22 %-kal, a P 16 %-kal, a Ca 39 %-kal, a Mg 42 %-kal, a K 75 %-kal mérséklődött aratás idejére. A K főként a fiatal vegetatív részekben dúsul és könnyen kimosódik az előregedő szárból, levélből, becőből hasonló csapadékos évjáratban (8. táblázat).

A mustár szerveinek minimális és maximális elemfelvételéről a tápláltság és a tenyészidő függvényében a 9. táblázat nyújt áttekintést. Amint a táblázat adataiból látható, extrém értékeket (2–3-szoros eltéréseket) főként a makroelemek jeleznek. A Mn, Zn, Cu mikroelemek minimum és maximum értékei kiegyenlítettebbek. A Na-felvétel viszont rendkívüli módon függött az NPK-ellátottsági szituációtól, így a vegetatív részek 4–12-szeres eltéréseket is mutattak. Megjegyezzük, hogy a minimális–maximális légszárazanyag tömege május 23-án 0,5–1,1 t, június 3-án 1,8–3,7 t, július 15-én 4,1–10,3 t, augusztus 22-én (aratáskor) a szár 1,8–3,7 t, a becő 1,0–2,0 t, a mag 1,1–2,4 t/ha (összesen 3,9–8,3 t/ha) mennyiséget tett ki.

A mustár aratáskori föld feletti részébe épült elemeknek minimum és maximum, átlagos, valamint fajlagos értékeiről a 9. táblázat tájékoztat. A minimális és maximális felvételekben a Na esetében 8-szoros, a makroelemeknél általában 2–3-szoros különbségek adódnak. A mikroelemeknél az eltérések 30–50 % körüliek. A magtermésben találjuk az összes felvett P 65, N 55, K 47, Mg 44 %-át átlagosan. Az 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemigénye 81 kg N, 46 kg Ca (64 kg CaO), 18 kg K (22 kg K₂O), 11 kg P (25 kg P₂O₅), 6 kg Mg (9,4 kg MgO).

Amennyiben kombájn betakarításnál csak a magtermést visszük el a tábláról, a talaj érdemben csupán nitrogénben és foszforban szegényedik. Így pl. egy kielégítő 3 t/ha magtermésnél, hasonló termesztési körülmények között az alábbi elemvesztésekkel számolhatunk az eltávozó magterméssel: 35 kg N, 38–40 kg

K₂O, 48 kg P₂O₅, 21 kg Ca és 14 kg Mg ha-onként. Kötöttebb és meszes talajainkon a K-, Ca- és Mg-veszteségei még hosszabb távon is elhanyagolhatóak.

8. táblázat NxP-ellátás hatása a mustár aratáskori összes elemfelvételére, 1985

AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	N-ellátás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N, kg/ha						
89	78	101	124	128		108
142	81	158	185	190	32	154
255	86	164	188	202		160
384	91	163	192	199		161
Átlag	84	146	172	180	16	146
P, kg/ha						
89	10	11	13	13		12
142	13	21	22	24	3	20
255	15	26	27	29		24
384	17	26	29	31		26
Átlag	14	21	23	24	2	20
K, kg/ha						
89	15	20	24	27		22
142	19	33	40	44	5	34
255	21	38	43	45		37
384	20	37	43	47		37
Átlag	19	32	38	41	3	32
Ca, kg/ha						
89	40	56	65	67		57
142	47	95	94	108	10	86
255	51	94	106	116		92
384	52	89	109	118		92
Átlag	48	83	94	102	5	82
Mg, kg/ha						
89	6	7	8	8		7
142	7	13	13	14	2	12
255	8	14	15	15		13
384	8	12	15	15		12
Átlag	7	11	13	13	1	11

Megjegyzés: Szár + becő + mag együtt

Ezzel szemben ki kell emelni a mustár rendkívüli Ca- és K-igényét a tenyésztési folyamán. Ezt a hatalmas igényt a káliumban szegény homok-, ill. a kalciummal és magnéziummal rosszul ellátott savanyú talajok nem képesek fedezni. Ilyen viszonyok között bőséges K-, Ca- és Mg-utánpótlásról szükséges gondoskodni meszezéssel és trágyázással.

9. táblázat A mustár minimális és maximális elemfelvétele a tápláltság függvényében a tenyészidő során

Elem jele	Hajtás			Szár	Becő	Mag
	máj. 23-án	jún. 3-án	júl. 15-én			
	kg/ha					
N	24–42	55–119	93–255	17–36	11–29	56–115
K	25–50	70–142	70–192	6–16	2–5	11–19
Ca	16–27	35–72	89–194	22–43	20–49	6–10
P	2–5	6–15	17–38	2–5	1–5	9–16
Mg	2–4	4–8	11–26	2–4	2–4	3–6
Na	1–4	2–15	2–24	1–8	0,1–0,8	*
Fe**	3–4	1–2	1–2	0,3–0,4	3–4	0,3–0,4
	g/ha					
Mn	140–180	150–180	240–260	40–50	120–150	30–60
Zn	28–43	70–110	128–168	21–44	19–25	56–69
Cu	5–7	16–18	38–40	9–11	9–10	16–20

* Becőben 80–800 g/ha, magtermésben 22–46 g/ha Na; ** Fe 05. 23-án 0,45 %, 06. 3-án 382 mg/kg, 07. 15-én 235 mg/kg, 08. 22-én a szárban 123 mg/kg, becőben 0,22 %, magban 194 mg/kg az átlagos koncentráció

10. táblázat A mustár aratáskori föld feletti részébe épült elemek extrém, átlagos és fajlagos értéke 1985. augusztus 22-én

Elem jele	Összes felvétel *		Magtermésbeni arány	Fajlagos tartalom átlagosan	
	Min.–Max.	Átlagos		kg/ha	kg/ha**
	kg/ha	kg/ha	%	kg/ha	kg/ha**
N	78–202	146	55	81	45
K	15–47	32	47	18	8
Ca	40–118	82	10	46	5
P	10–31	20	65	11	7
Mg	6–15	11	44	6	3
Na	1–8	4	1	2	0
Fe	3–5	4	8	2	0
	g/ha	g/ha	%	g/ha	g/ha
Mn	190–260	220	20	122	24
Zn	96–140	120	52	67	35
Cu	34–41	32	41	18	7

* 1 t szem + a hozzá tartozó szár és becő melléktermésben; ** Kombájn aratásnál, amennyiben csak a mag távozik a talajról

A hazai szaktanácsadásban elfogadott fajlagos mutató: 50 kg N, 25 kg P₂O₅, 40 kg K₂O, 35 kg CaO, 3 kg MgO az 1 t tervezett magtermés és a hozzá tartozó melléktermés tápelemigényének számításakor (Antal, 1987; Földesi, 1994). Minkevics és Borkovszkij (1951) 2 t melléktermés és 0,8 t/ha magtermésnél 72 kg N, 28 kg P₂O₅ és 54 kg K₂O fajlagos tartalomra utal. Saját kísérletünk eredményeit értékelve megállapítható, hogy az általunk mért fajlagosok a hazai szaktanácsadásban elfogadottaktól jelentősen eltérnek (10. táblázat). Egyezést

csupán a P_2O_5 -tartalom jelez. A K_2O 45 %-kal kisebb, míg a N 62, a Ca 83, a Mg 313 %-kal nagyobb értéket mutat. Meszes talajunkon érthető a Ca és Mg többlete. Az alacsony fajlagos N-tartalom szaktanácsadásunkban megkérdőjelezhető.

Összefoglalás

1. A mustár szerveinek tömege átlagosan 2,5-szeresére emelkedett a kontrollhoz viszonyítva a kiegyensúlyozott NxP-trágyázással. Optimális ellátottságot az évenként adott 200 kg/ha N-, valamint a talaj szántott rétegének 140–150 mg/kg ammónium-laktát (AL)-oldható P_2O_5 -, ill. 150–200 mg/kg AL-oldható K_2O -tartalma biztosította A magtermés itt 2,4 t/ha-ra emelkedett az abszolút kontrollon mért 1,0 t/ha-ról.
2. A mustár szerveinek tömege átlagosan 2,5-szeresére emelkedett a kontrollhoz viszonyítva a kiegyensúlyozott NxP-trágyázással. Optimális ellátottságot az évenként adott 200 kg/ha N-, valamint a talaj szántott rétegének 140–150 mg/kg ammónium-laktát (AL)-oldható P_2O_5 -, ill. 150–200 mg/kg AL-oldható K_2O -tartalma biztosította A magtermés itt 2,4 t/ha-ra emelkedett az abszolút kontrollon mért 1,0 t/ha-ról.
3. A javuló N-kínálattal nőtt a növényi szervek N %-a, valamint a főbb kationok (K, Ca és Mg) koncentrációja. A P-ellátás javulása serkentette a P, Ca és Mg, ill. gátolta a Zn beépülését a P–Zn antagonizmus nyomán. A K-trágyázás a vegetatív növényi részek K-akkumulációjához, valamint a K–Ca és K–Mg antagonizmus eredményeképpen a Ca- és Mg-koncentrációk mérsékléséhez vezetett.
4. A törőzsáskorú hajtás összetétele képes kielégítően tükrözni a növények tápláltsági állapotát és alkalmas diagnosztikai célokra. Optimális összetételt a 4,0–4,5 % N és K, a 0,35–0,45 % P, illetve a 8–12 körüli N/P és K/P, valamint a 0,8–1,2 N/K arány jeltheti. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadásban, a tavaszi fejtrágyaigény megállapításában.
5. A mustár trágyaigényes kultúra. Érés kezdetén a föld feletti biomassza 255 kg N, 194 kg Ca, 192 kg K és 26 kg Mg felvételét mutatta. Betakarításig azonban a leszáradó lombbal elvesztette tömegének 20, a felvett foszfornak 16, nitrogénnek 22, kalciumnak 39, magnéziumnak 42, K-készletének 75 %-át. A K 3/4-e az elszáradó lombbal és a kimosódással visszakerült a talajba.
6. Az 1 t mag + a hozzá tartozó szár és becőtermés fajlagos elemigénye 81 kg N-, 46 kg Ca- (64 kg CaO), 18 kg K- (22 kg K_2O), 11 kg P- (25 kg P_2O_5), 6 kg Mg- (9,4 kg MgO), 2 kg Na-, 2 kg Fe-, 122 g Mn-, 67 g Zn- és 18 g Cu-mennyiséget jelzett ha-onként. Amennyiben csak a magtermés kerül el a tábláról kombájnolásakor, a 3 t/ha körüli kielégítő magterméssel 135 kg N-, 38–40 kg K_2O -, 48 kg P_2O_5 -, 21 kg Ca- és 14 kg Mg-veszteséggel számolhatunk ha-onként. Kötöttebb és meszes talajon a K-, Ca- és Mg-veszteség elhanyagolhatóvá válik. Ezzel szemben a savanyú és káliumban szegény talajokon a növény bőséges K-, Ca- és Mg-pótlást igényelhet.

3. Műtrágyázás hatása a sörárpára (*Hordeum distichon L.*) 1986

3.1. Bevezetés

Általános vélemény szerint a tavaszi árpa a legérzékenyebb gabonaféle a környezeti hatásokkal mint a talaj, éghajlat, tápelemellátás, gyomosodás stb. szemben. A cukorrépa ideális előveteménye lehet, amennyiben jól trágyázott, tiszta, nitrogénben nem gazdag érett talajt hagy maga után. A két növény ökológiai igénye is közelálló, mivel a tavaszi árpa tenyészideje rövid, gyökérzete viszonylag fejletlen, víz- és tápelemigényes. Ezen túlmenően a sekélyre hatoló gyökérzete jó szerkezetű, termékeny, aktív, mészből és humuszban gazdag talajt kíván (*Cserhádi 1901, Lőrincz 1984, Kismányoki 1988, Tápay 1988*).

A takarmány célra termesztett árpánál ugyanakkor a N-bőség előnyös, mert nő a fehérjetartalma, takarmányértéke. Vethető túltrágyázott talajokon, pillangósok után, ősszel a leveles répafej alászántható. A sörárpa minőségét a N-túlsúly rontja, míg a kielégítő P és K ellátottsággal javulhat az extrakt-tartalom, betegségellenállóság, szárszilárdság, ill. a maláta és a sör minősége. Gyakorlati tapasztalatok szerint a 3 %-nál több humuszt tartalmazó termékeny talajon, istállótrágyázott cukorrépa után a N-trágyázás elhagyható, esetleg csak kisebb, 40-50 kg/ha N-adag indokolt (*Kismányoki 1980, Antal 1987*).

Egybehangzó hazai és külföldi szakirodalmi utalások szerint a talaj 0-90 cm rétegének NO₃-N készlete meghatározhatja a N-hatást és ezen keresztül a minőséget, amennyiben a növény gyökerei ezt a készletet hasznosíthatják. Ha ez a N-készlet vetés előtt a 150-170 kg/ha mennyiséget eléri, a N-trágyázás elhagyható, ill. a N-trágyák iránti igény a talaj NO₃-N készletével csökkenthető (*Kismányoki 1997, Geisler 1988, Wicke et al. 1979*).

Sajnos a kiegyensúlyozott táplálás és a termés, minőség, gyomosodás kapcsolatáról kevés egzakt adattal rendelkezünk. Az átfogóbb vizsgálatok feltételezik, hogy a trágyázási kísérletben nyert magtermést mikromalátázási tesztek is alávessük. Erre ritkán kerül sor. Nem ismert pl. hogy az esetleges N-túlsúly söripari minőséget rontó hatása mennyiben ellensúlyozható P és K trágyázással? Miképpen ellenőrizhető ill. előrejelezhető a fiatal növény tápláltsági állapota növényanalízissel? Melyek a táblaszintű műtrágyázási szaktanácsadást megalapozó talajvizsgálati optimumok? Jelen munkánkban ezekre a kérdésekre is választ keresünk.

3.2. Anyag és módszer

A kísérlet 13. évében, 1986-ban Opal fajtájú sörárpát termesztettünk. A vetés április 3-án történt 4-6 cm mélyre, 250 kg/ha vetőmag felhasználásával, gabona sortávolságra. Növénymintavételre május 26-án szárbainduláskor, június 11-én kalászoláskor és július 23-án aratáskor került sor parcellánként 4-4 fm, azaz 0,5 m² föld feletti anyag begyűjtésével. A növénymintáknak megmértük friss és légszáraz tömegét, majd meghatároztuk fontosabb makro- és mikroelemek koncentrációját. Az aratáskori mag- és szármintákat külön elemeztük.

A területborítási %-okat, ill. a gyomosodási viszonyokat a bokrosodáskori állományban parcellánként Radics László állapította meg. Mikromalátázást a Kőbányai Sörgyár Söripari Kutató Laboratóriuma végezte el parcellánként vett 500-500 g maggal, Seeger készüléken. Az alábbi standard eljárást alkalmazták: áztatási idő 54 óra, vízcseré 8 óránként, vízhőfok 14 °C, csíráztatási idő 6 nap, napi 0.5 °C hőemelkedés 14-18 °C között, forgatás 12 óránként. Aszalási idő 24 óra, véghőfok 80 °C, kezdeti hőmérséklet 30 °C.

Aratás után parcellánként 20-20 pontminta egyesítésével átlagmintákat vettünk a szántott rétegből és meghatároztuk az ammonlaktát-oldható AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartalmakat, valamint a NO₃-N koncentrációkat. A kísérletben végzett műveletekről és megfigyelésekről az 1., a szántott réteg oldható elemkészletének változásáról kezelések hatására az 1. táblázat nyújt áttekintést. Az 1. táblázatban feltüntettük a nemzetközi irodalomban elfogadottabb NaHCO₃-oldható Olsen-P₂O₅ tartalmakat is.

1. táblázat Kezelések hatása a szántott réteg oldható elemkészletére, 1986						
Elem jele	Kezelések, ill. ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
Adott hatóanyag, kg/ha/13 év						
N	0	1300	2600	3900	-	1950
P ₂ O ₅	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O	0	1500	3000	4500	-	2250
KCl-oldható NH ₄ -N és NO ₃ -N, mg/kg						
NH ₄ -N*	9	10	9	8	2	9
NO ₃ -N*	11	14	16	20	3	15
Ammonlaktát (AL)-oldható P ₂ O ₅ és K ₂ O, mg/kg						
P ₂ O ₅ **	89	142	255	384	21	218
K ₂ O***	140	220	361	468	24	297
NaHCO ₃ -oldható (Olsen) P ₂ O ₅ , mg/kg						
P ₂ O ₅ **	15	33	60	90	7	50

*N-szinteken; ** P₂O₅-szinteken; *** K₂O-szinteken

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk: Az elővetemény mustárt augusztus 22-én takarítottuk be. 1985. augusztus-december hónapok alatt összesen 257 mm, 1986. január-június hónapokban összesen 297 mm eső hullott. Elméletileg a sörárpa számára tehát mindösszesen 554 mm vízkészlet állhatott rendelkezésre. Vetést követően 1986-ban a csapadék eloszlása a következő képet mutatta: Áprilisban 43, májusban 53, júniusban 78, júliusban 10 mm. Mind az eloszlást, mind a lehullott mennyiséget tekintve lényegében kedvező évről beszélhetünk, tavaszi aszály nem jelentkezett.

3.3. Termés és minőség

A termőhely közepes, 140-160 mg/kg AL-K₂O tartalma elegendőnek bizonyult a tavaszi árpa fejlődéséhez, K-hatásokat nem kaptunk. A bokrosodáskori növényborítottságot és a gyomosodást az NxP kölcsönhatások határozták meg mind az 1985-ben termett mustár, mind az 1986-ban termett árpa esetében. A

kultúrnövény borítottsági %-a a kontroll talajon 52-53, míg a N-nel és P-ral egyaránt igen jól ellátott kezelésben 95 % körül alakult. Uralkodó gyomfajok mindkét évben az *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album* és a *Stachys annua* voltak (2. táblázat).

2. táblázat Az NxP ellátás hatása a növényborítottságra és a gyomosodásra

N kg/ha Évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Mustár borítottsági %-a (1985. 06. 03-án)						
0	52	62	56	59		57
100	59	81	86	89	12	79
200	64	98	100	94		89
300	60	94	98	95		87
Átlag	59	84	85	84	6	78
Gyomfajok száma, db (1985. 06. 03-án)						
0	9,9	8,5	9,4	9,1		9,2
100	8,6	7,8	7,0	6,6	1,6	7,5
200	8,1	5,3	5,4	6,5		6,3
300	8,0	5,2	6,9	5,4		6,4
Átlag	8,7	6,7	7,2	6,9	0,8	7,4
Árpa borítottsági %-a (1986. 06. 19-én)						
0	53	58	56	53		55
100	61	80	81	77	8	75
200	68	83	92	94		84
300	64	90	97	95		87
Átlag	62	78	82	80	4	75
Gyomfajok száma, db (1986. 06. 19-én)						
0	6,0	4,9	5,1	5,1		5,3
100	6,2	3,4	2,6	2,5	1,4	3,7
200	5,6	2,8	1,1	0,9		2,6
300	5,0	1,6	1,1	0,8		2,2
Átlag	5,7	3,2	2,5	2,3	0,7	3,4

Gyomborítottság a kontrollon 4-5, a túltrágyázott NPK parcellákon 1 % körül vagy alatt. Uralkodó gyomfajok mindkét évben az *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album*, *Stachys annua* voltak.

Gyomborítottság a trágyázatlan parcellákon 4-5, a maximális NPK trágyázotton 1 % körüli vagy alatti volt. A bőséges trágyázás nyomán mindkét évben drasztikusan csökkent az előforduló gyomfajok száma is. A megfelelő táplálás tehát növelheti a kultúrnövény gyomelnyomó képességét, gyorsabb fejlődést és talajborítottságot eredményezve. Mustár alatt a gyomfajok száma kereken 10-ről 5-re, árpa alatt 6-ról 1-re csökkent. A szakszerű trágyázás illetlen hatásának számbavétele különösen fontos lehet olyan gyomosodásra érzékeny növényeknél, mint a mustár és a tavaszi árpa.

Szárbaindulás kezdetén és kalászoláskor igen erős P-hatások jelentkeztek, a kontroll talajon mért föld feletti hajtás zöld tömege megkétszereződött az NP-szinteken. A hajtás légszáranyag tartalma viszont látványosan 6-7 %-kal csökkent a bőséges NP-ellátással, amint ez a 3. táblázat adataiból is kitűnik.

3. táblázat NxP ellátás hatása a tavaszi árpa hajtására, 1986

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD ₅ %	Átlag
	89	142	255	384		
Zöld tömeg, t/ha 05. 26-án szárbainduláskor						
0	7,4	13,4	14,6	16,0		12,8
100	7,6	14,6	16,0	18,0	2,4	14,0
200	8,4	13,2	15,6	16,4		13,4
300	7,6	14,4	15,8	17,8		14,0
Átlag	7,6	14,0	15,6	17,0	1,2	13,6
Zöld tömeg, t/ha 06. 11-én kalászoláskor						
0	10,4	16,8	18,4	18,2		16,0
100	11,6	18,8	19,6	19,6	2,0	17,4
200	11,0	18,2	20,0	20,8		17,6
300	11,6	18,6	19,6	20,8		17,6
Átlag	11,2	18,0	19,4	19,9	1,0	17,2
Légszáranyag %-a 05. 26-án						
0	25	24	25	23		24
100	26	22	22	21	4	23
200	23	20	20	19		21
300	21	20	18	19		19
Átlag	24	22	21	20	2	22
Légszáranyag %-a 06. 11-én						
0	33	32	31	32		32
100	27	30	29	29	4	29
200	25	27	28	27		27
300	25	27	26	26		26
Átlag	28	29	28	28	2	28

A 4. táblázatban bemutatott eredmények szerint a maximális NxP ellátás nyomán fejlett állomány képződött, csaknem 1/3-ával nőtt az állomány átlagos magassága aratás idejére. A 100 kg/ha/év feletti N-túlsúly viszont már csökkentette a m²-enkénti kalászok számát és az átlagos ezermag-tömeget, melyhez az aszályos július is hozzájárult.

4. táblázat N_xP ellátás hatása a tavaszi árpára aratáskor 1986. 07. 23-án

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Bonítálás állományfejllettségre (1=gyenge, 5=erős állomány)						
0	1,4	2,9	2,2	2,5		2,2
100	3,4	3,6	4,4	4,6	0,6	4,0
200	3,2	4,4	4,8	4,9		4,3
300	3,5	4,9	4,9	5,0		4,6
Átlag	2,9	4,0	4,1	4,2	0,3	3,8
Növénymagasság, cm						
0	41	43	43	45		43
100	49	52	52	55	5	52
200	50	55	59	58		55
300	50	59	60	59		57
Átlag	47	52	54	54	3	52
Kalászkok száma, db/m ²						
0	478	560	596	574		552
100	584	734	784	830	82	732
200	524	740	780	746		698
300	540	686	718	672		654
Átlag	532	680	720	706	41	660
Ezerszem tömege, g						
0	39	39	39	39		39
100	38	40	40	40	2	40
200	37	39	39	39		39
300	37	39	39	39		38
Átlag	38	39	39	39	1	39

A N-túlsúly más következményekkel is járt. Kalászoláskor ugrásszerűen nőtt a vetésfehérítő (*Oulema melanopus*) kártétele, melyet a zászlóslevél rágott felülete %-ában becsültünk meg. A szalma termését az NP trágyázás csaknem megháromszorozta a kontrollhoz viszonyítva, termésdepresszió nem jelentkezett. A magtermés viszont a 100 kg/ha/év adag felett igazolhatóan mérséklődött, így a N-túlsúllyal a szalma/szem aránya 0,7-ről 1,1-re nőtt (5. táblázat).

Az osztályozás a legfontosabb mechanikai vizsgálat, mely megmutatja, hogy a magtermés mely része alkalmas malátagyártásra és mennyi az "értéktelen", takarmánynak visszamaradó rész. A mag egyöntetősége biztosítja az egyenletes vízfelvételt és a csírázást. A szemnagyságot és egyöntetűséget a 2,8, 2,5, 2,2 mm (I., II. és III. osztályú mag) lyukbőségű szitán fennmaradt frakciók jelzik. Teljesértékű frakciónak az I.+II. osztályú, a 2,5 mm feletti mennyiség minősül, mely sörárpáknál 70-90 % között ingadozhat.

5. táblázat NxP ellátás hatása a tavaszi árpára, 1986

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384	21	218
Bonítálás vetésfehérítő kártételre, %, 06. 11-én*						
0	10	9	11	8		10
100	21	19	13	10	14	16
200	20	23	21	16		20
300	25	21	28	28		25
Átlag	19	18	18	16	7	18
Szalma t/ha 07. 23-án aratáskor						
0	2,0	2,1	2,4	2,3		2,2
100	2,8	4,0	4,4	4,3	0,5	3,9
200	2,9	4,4	5,2	5,1		4,4
300	3,9	4,7	5,3	5,5		4,7
Átlag	2,9	3,7	4,2	4,2	0,3	3,8
Szem t/ha 07. 23-án aratáskor						
0	2,8	3,4	3,5	3,5		3,3
100	3,3	4,7	5,1	5,3	0,4	4,6
200	2,9	4,7	5,0	5,1		4,4
300	2,7	4,6	4,8	4,8		4,2
Átlag	2,9	4,3	4,6	4,7	0,2	4,1
Szem + szalma + pelyva t/ha 07. 23-án aratáskor						
0	5,5	6,4	6,8	6,6		6,3
100	6,9	9,8	10,8	10,8	0,9	9,6
200	6,8	10,2	11,3	11,3		9,9
300	7,0	10,3	11,1	11,3		9,9
Átlag	6,6	9,2	10,0	10,0	0,5	8,9

* Zászlólevelek rágott felülete %-ban (*Oulema melanopus* kártétel)

A 6. táblázat eredményei szerint, kísérleti körülményeink között, a 100 kg/ha feletti N-trágyázással igazolhatóan csökkent az I. és II. osztályú szemek aánya, ill. nőtt az értéktelen III. osztályú mag mennyisége. Megemlítjük még, hogy az egyoldalú N-túlsúly megkéményezte, 10-11 %-ra emelte a hulladék arányát a kombájnnal, nyers magtermésben a P-ral jól ellátott kezelésekhez viszonyítva. A 2.5 mm feletti teljes értékű mag %-a a N-trágyázással 79-ről 70-re mérséklődött. A javuló P-ellátás nyomán ez a frakció átlagosan 4 %-kal emelkedett, némileg ellensúlyozva a N-túlsúly okozta minőségromlást. Optimumot a 100 kg/ha/év N-adag és a 140-150 mg/kg AL-P₂O₅ tartalom biztosított.

Sörripari szempontból legmegfelelőbb a 10-12 % közötti fehérjetartalom. Az optimális feletti fehérjekészletnél a sörárpa nehezen nedvesedik, malátásodik, kisebb az extrakt-tartalma és ronthatja a sör minőségét. A fehérjeszegény árpamag viszont enzimszegény, kedvezőtlen a habképző tulajdonsága. A vízdoldható albumin-fehérjéhez kötött az árpa keményítőjének cukrosítását biztosító enzim. Kivánatos vízdoldható-N mennyiségnek ezért 0,6 % felett van az optimuma. Az össz-N %-ában kifejezett vízdoldható-N a Kolbach szám. Ez a

hányados a malátában levő fehérjebontó enzimek aktivitását, ill. a maláta fehérjeoldottságát jelzi. Optimuma 38 % felett van.

6. táblázat NxP ellátás hatása a sörárpa mag osztályozottságára, 1986

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
I. osztályú szemek aránya, %						
0	25	25	24	24		25
100	24	28	28	29	4	27
200	21	19	19	20		20
300	21	20	21	18		20
Átlag	23	23	23	23	2	23
II. osztályú szemek aránya, %						
0	53	54	55	54		54
100	47	51	51	50	4	50
200	46	48	52	52		50
300	47	50	52	51		50
Átlag	48	51	52	52	2	51
III. osztályú magvak aránya, %						
0	16	14	15	15		15
100	19	14	14	14	4	15
200	22	23	23	21		22
300	22	22	20	25		22
Átlag	20	18	18	19	2	19
2,5 mm feletti frakció %-a						
0	78	79	79	78		79
100	71	79	79	79	7	77
200	67	67	71	72		70
300	68	70	73	69		70
Átlag	71	74	75	75	3	74

I. osztályú 2.8, II. osztályú 2.5, III. osztályú 2.2 mm feletti mérettel. A hulladék átlagosan 5-6 % a P-ral jól ellátott, ill. 10-11 % a P-ral gyengén ellátott parcellákon.

A 7. táblázat adatai arra utalnak, hogy a N-trágyázással nemkívánatos mértékben megnőhet az össz-N, fehérje-N és a vízdoldható fehérje-N mennyisége.

A P-trágyázással csak kis mértékben volt csökkenthető a N beépülése. Vagyis a N-túltrágyázással okozott minőségromlást a P-túltrágyázás érdemben nem képes ellensúlyozni. A Kolbach-szám, érdekes módon, a N-hiányos és az extrém N-túlsúlyos kezelésekből emelkedett értéket, tehát nagyon jó "fehérjeoldottságot" mutatott. Valójában az extrém 300 kg/ha/év N-adagnál, különösen P-hiányos talajon, már a vízdoldható N egy része fehérjébe be nem épült ásványi formát takar. A Kolbach-szám itt nem értelmezhető mint "a saját proteinázok által oldatba vitt fehérje arányával az összes fehérjében". Itt az árpa magja 14 % nyersfehérjét takar, tehát a szabvány szerint már nem sörárpa.

7. táblázat N_xP ellátás hatása a sörárpa mag minőségére, 1986

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Összes N, %						
0	1,7	1,6	1,6	1,5		1,6
100	2,0	1,9	1,9	1,9	0	1,9
200	2,1	2,1	2,0	2,0		2,1
300	2,2	2,1	2,1	2,1		2,1
Átlag	2,0	1,9	1,9	1,9	0,1	1,9
Fehérje (összes-N x 6,25), %						
0	11	10	10	10		10
100	12	12	13	13	2	12
200	14	14	13	13		13
300	14	13	13	13		13
Átlag	13	12	12	12	1	12
Oldható-N, %						
0	0,73	0,72	0,71	0,71		0,71
100	0,74	0,69	0,69	0,72	0,05	0,71
200	0,86	0,73	0,73	0,75		0,77
300	0,99	0,84	0,83	0,82		0,87
Átlag	0,83	0,74	0,74	0,75	0,03	0,76
Kolbach-szám (vízoldható-N az összes-N %-ában), %						
0	42	46	44	44		44
100	37	36	36	38	4	37
200	40	35	36	37		37
300	45	41	40	40		41
Átlag	41	39	39	40	2	40

Ezt látjuk az oldható-N ugrásszerű növekedésében a legnagyobb N-terhelés esetében, ahol a P-kontroll talajon már az össz-N 45 %-a, közel 1 % a vízoldható N-frakció. Utóbbi azonban nem jelent 6 % feletti vízoldható fehérjét is. A N-adagolással valójában romlik a Kolbach-szám, ill. nem képződik annyi proteináz, amely meg tudna bírkozni a magas fehérjetartalom lebontásával. Erre egyértelműen mutat a 100 ill. 200 kg/ha/év N-adagoknál kapott alacsony, átlagosan 37 %-os Kolbach-érték (7. táblázat).

A vízmentes extrakt-tartalom, azaz a saját enzimek által oldatba vitt szénhidrátok mennyisége csak a N-kontroll parcellákon éri el a kívánatos 80 % körüli értéket, ahol emellett a P-kínálat is megfelelő. A durva extrakt átlagosan 77 %-ot, a légszáraz extrakt 75 %-ot tett ki. A N-trágyázás e mutatókban igazolható 2-3 %-os csökkenést hozott, míg a P-trágyázás 1 % körüli növekedéshez vezetett. Példaképpen a vízmentes extrakt-tartalom adatait szemléltetjük a 8. táblázatban. Megemlítjük, hogy a légszáraz mag víztartalma 11, a maláta-víz 4,6 %-ot tett ki átlagosan. A viszkozitás 1,54 mPas, szín 3,4 EBC átlagos értékeket mutatott a kezelésektől függetlenül.

8. táblázat NxP ellátás hatása a sörárpa mag minőségére, 1986

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Vízmentes extrakt, %						
0	78	80	80	80		80
100	78	79	79	78	2	79
200	78	77	78	78		78
300	77	77	77	78		77
Átlag	78	78	78	79	1	78
Lefolyás (1=tiszta, 4= erős opál)						
0	3,0	3,0	3,0	2,3		2,8
100	4,0	4,0	4,0	4,0	0,7	4,0
200	3,0	2,0	2,0	3,0		2,5
300	3,0	1,2	2,0	1,0		1,8
Átlag	3,2	2,6	2,8	2,6	0,4	2,8
Cukrosodási idő (1=10-15, 2=15-20, 3=20-25 perc)						
0	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0
100	2,8	2,2	3,5	3,5	1,3	3,0
200	1,0	1,5	2,5	2,0		1,8
300	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0
Átlag	1,4	1,4	2,0	1,9	0,6	1,7
Végerjedés, %						
0	78	79	79	79		79
100	81	84	88	88	5	85
200	88	88	81	76		83
300	82	85	81	81		82
Átlag	82	84	82	81	3	82

Egyéb jellemzők átlagai: viszkozitás 1,54, differencia 1,6, szín EBC 3,4, durva extrakt 77 %, légszáraz extrakt 75 %, nedvesség 11 %, maláta-víz 4,6 %.

A mikromalátázási jellemzők közül a lefolyás erős opál jelleget mutatott a 100 kg/ha/év trágyázásnál, tiszta lefolyást pedig a maximális NP-ellátás eredményezett. Cukrosodási idő az amilázaktivitásra utal és kifejezi, hogy hány perc alatt szűnik meg a jód-reakció. A kívánatos gyors reakciót a N-hiányos és az extrém N-túlsúlyos mag jelzett, míg a maximális termést adó 100 kg/ha/év N-kezelésben a maláta cukrosodási ideje kitolódott és a végerjedés %-a is megnőtt. A P-trágyázás, legalább is a 100 és 200 kg/ha/év N-adagoknál, tendenciájában szintén a cukrosodási időtartam megnyúlását eredményezte.

Összefoglalás

1. Az együttes NP műtrágyázással az elővetemény 1985. évi mustár és az 1986. évi tavaszi árpa bokrosodás végi borítottsága a kontroll parcellán mért 52 %-ról 95 %-ra emelkedett. A gyomfajok száma mustár alatt 10-ről 5-re, árpa alatt 6-ról 1-re csökkent. Uralkodó gyomfajok mindkét évben az *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album* és a *Stachys annua* voltak.

2. Kalászolás kori bonitálásaink szerint a zászlóslevelek rágott felülete a kontroll talajon 10 %-os, míg az NP-túlsúlyosan táplált árpában 28 %-ot tett ki a vetésfehértő (*Oulema melanopus*) kártétele nyomán.
3. Az együttes NP-trágyázás nyomán a kontrollon mért föld feletti zöld hajtás tömege szárbainduláskor 7-ről 18, kalászolás kori 10-ről 21 t/ha-ra nőtt, míg a légszáraz anyag tartalmuk átlagosan 6-8 %-kal mérséklődött. Aratás idején az átlagos növénymagasság 40 cm-ről 60 cm-re, a m²-enkénti kalászok száma 480-ról 830-ra emelkedett. A szalmatermés ugyanitt 2,0 t/ha-ról 5,5; a szemtermés 2,8 t/ha-ról 5,3 t/ha-ra javult.
4. A K-trágyázás átlagosan 0,5 t/ha szemterméstöbbletet adott. Maximális szemtermést az évenként adott 100 kg/ha N-adag, valamint a 200 mg/kg közötti AL-P₂O₅, ill. AL-K₂O ellátottság biztosította. Az extrém N-túltrágyázás 0,5 t/ha terméscsökkenéshez vezetett.
5. A növekvő N-ellátás átlagosan 9 %-kal mérsékelte a 2,5 mm feletti magfrakció arányát, ill. növelte a III. osztályú és a hulladék mag mennyiségét. A kielégítő P-ellátással az értékes magfrakció nőtt, részben ellensúlyozva a N-kezelés káros hatását.
6. A söripari minőséget döntően a N-ellátás befolyásolta. A N-kontroll talajon mért vízdoldható/sörlébe kerülő N 0,7-ről kerekén 1,0 %-ra, az összes-N 1,6-ről 2,1 %-ra, a nyersfehérje 10-ről 13-14 %-ra emelkedett a 300 kg/ha/év N-trágyázással. A Kolbach-szám 44-ről 37 %-ra mérséklődött a 100 és 200 kg/ha/év N-adaggal. Ugyanitt 3 %-kal esett az extrakt-tartalom és meghosszabbodott a cukrosodási idő.

3.4. A sörárpa elem tartalma és elemfelvétele

Ismeretes, hogy a talaj tápelem kínálatának, ill. a növény tápláltsági állapotának megítélésére a bokrosodáskori fiatal hajtás összetétele a leginkább alkalmas. Ekkor a koncentrációk nagyok és széles sávban változhatnak. Ezt követően a gyors szárazanyag felhalmozás miatt gyors hígulás lép fel. Így pl. *Lásztity (1985)* azt találta, hogy a bokrosodáskori tartalmakat 100-nak véve virágzásig a N 33, a P 44, a K 25, a Ca 48, a Mg 55 %-ra esett vissza. A bokrosodás vége/szárbaindulás eleje stádiumában levő hajtás optimuma *Cerling (1978)* szerint 3,0-4,0 % N, 0,37-0,45 % P, 3,6-4,1 % K körül alakulhat. *Bergmann (1992)* irodalmi adatokat is áttekintve az alábbi optimumokat javasolta: 2,0-4,0 % N, 0,25-0,50 % P, 2,5-4,5 % K, 0,3-1,0 % Ca, 0,12-0,30 % Mg, 25-100 mg/kg Mn, 15-60 mg/kg Zn és 5-10 mg/kg Cu a hajtás szárazanyagában.

A cukorrépa ideális előveteménye lehet a sörárpanak, az ipari célokra termesztett tavaszi árpanak, amennyiben gyommentes, tiszta, érett, termékeny, de N-ben nem gazdag talajt hagy maga után. A két növény ökológiai igénye is közelálló, a tőlünk É-ÉNy-ra fekvő Cseh- és Németország élenjáró a minőségi cukorrépa és sörárpa termesztésében (*Cserhádi 1901, Lőrincz 1984, Kismányoky 1980*).

A környezeti hatásokkal mint az éghajlat, talaj, trágyázás, gyomosodás stb. szemben legérzékenyebb gabonafélének minősülhet a tavaszi árpa. Ami az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemigényét illeti, szintén tág határok között ingadozhat a termesztési feltételektől függően. A hazai szaktanácsadásban a

23-9-21-8-2=N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO átlagos fajlagos mutató az elfogadott (MÉM NAK 1979, Antal 1987). A szélső értékeket feltüntetve főként a N-ellátás eredőjeként Kismányoky (1980, 1997) az alábbi fajlagos elemtartalmakat közli: 19-30 kg N, 10-12 kg P₂O₅, 21-36 kg K₂O, 6-12 kg CaO, 3-5 kg MgO.

Amint a 9. táblázatban látható, a K beépülését a talaj növekvő K-kínálata önmagában nem volt képes lényegesen befolyásolni. Csak a N-trágyázással vált lehetővé a K luxusfelvétele, amennyiben a NxK kölcsönhatások nyomán a légszáraz hajtás K-tartalma csaknem megkétszereződött a kontrollhoz viszonyítva. A növények 3 % körüli K-koncentrációt mutattak K-trágyázás nélkül mely a jó-közepes ellátottság tartománya. Ez magyarázza, hogy a K-trágyázás mindössze 0,5 t/ha szemterméssel járt csupán ezen a K-mal közepesen ellátott termőhelyen.

Ca beépülését a N növelte, míg a K-trágyázás gátolta a K-Ca ionantagonizmus eredményeképpen. A hajtás Ca %-a az optimum tartományban ingadozott a meszes termőhelyen. A Na koncentrációja N és K trágyázással egyaránt nőtt és a kontrollhoz képest megháromszorozódott együttes kínálatuk nyomán. A szalma takarmányértékét a Na-bőség javíthatja, tehát a változás agro-

9. táblázat NxK ellátottság és a sörárpa légszáraz hajtásának elemtartalma, 1986

N kg/ha évente	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	140	220	361	468		
	K %					
0	2,67	2,91	2,82	2,80		2,80
100	2,80	3,65	3,64	3,66	0,36	3,44
200	3,12	3,99	4,34	4,47		3,98
300	3,22	4,26	4,97	5,04		4,37
Átlag	2,95	3,70	3,94	3,99	0,18	3,65
	Ca %					
0	0,56	0,57	0,55	0,54		0,56
100	0,72	0,56	0,56	0,52	0,07	0,59
200	0,76	0,65	0,60	0,56		0,64
300	0,80	0,76	0,60	0,59		0,69
Átlag	0,71	0,64	0,58	0,55	0,04	0,62
	Na mg/kg					
0	273	374	320	391		340
100	479	473	528	492	141	493
200	443	500	528	703		547
300	506	554	543	822		603
Átlag	425	475	480	602	71	496
	Mn mg/kg					
0	92	84	86	82		86
100	102	86	85	79	9	88
200	103	92	92	84		93
300	102	99	88	86		94
Átlag	100	90	88	83	5	90

A NxK kölcsönhatások 06. 11-én és a szárban 07. 23-án is igazolhatók.

Optimum: K 2,5-4,5 %, Ca 0,4-1,0 %, Mn 20-100 mg/kg (Bergmann 1992)

nómiailag előnyös. A Mn tartalma kielégítő ellátottságról tanúskodik a növényben. Beépülését a N-kínálat serkentette, míg a K-trágyázás mérsékelte (9.táblázat).

A N-tartalmakat a N-ellátás növelte, a P-ellátással viszont hígulás lépett fel, amennyiben a javuló P-kínálattal a hajtás tömege megkétszereződött. A természetmaximumokhoz kötődő optimum 2,5 N % körül jelentkezett, mely a 100 kg/ha/év N-adaggal volt elérhető. A P % optimuma 0,3 körüli értéket mutatott a 140-200 mg/kg AL-P₂O₅ értéknél. A 10. táblázat adatai szerint a hajtás K-tartalma szintén mérséklődött a növekvő P-kínálattal, a már említett hígulási effektus követ-

10. táblázat NxP ellátás és a sörárpa légszáras hajtásának összetétele, 1986. 05.26.

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%} 21	Átlag 218
	89	142	255	384		
	N %					
0	2,22	2,03	2,16	2,08		2,12
100	2,90	2,40	2,26	2,30	0,20	2,46
200	3,14	2,66	2,67	2,70		2,79
300	3,34	2,88	2,88	2,93		3,01
Átlag	2,90	2,49	2,49	2,50	0,10	2,60
	P %					
0	0,34	0,34	0,35	0,36		0,35
100	0,28	0,32	0,34	0,35	0,04	0,32
200	0,27	0,30	0,30	0,36		0,32
300	0,24	0,28	0,33	0,38		0,30
Átlag	0,28	0,31	0,33	0,36	0,02	0,32
	K %					
0	2,82	2,76	2,86	2,76		2,80
100	3,69	3,55	3,29	3,21	0,34	3,44
200	4,18	4,04	3,91	3,79		3,98
300	4,83	4,36	4,21	4,09		4,37
Átlag	3,88	3,68	3,57	3,46	0,17	3,65
	N/P arány					
0	6	6	6	6		6
100	9	9	7	7	4	8
200	10	11	9	8		10
300	12	11	9	8		10
Átlag	9	9	8	7	2	8
	K/P arány					
0	8	8	8	8		8
100	12	13	10	9	4	11
200	14	17	13	11		14
300	17	16	13	11		14
Átlag	13	14	11	10	2	12
	N/K					
Átlag	0,5	0,6	0,8	1,0	2	0,7

Optimum: N 2,0-4,0 %, K 2,5-4,5 %, P 0,25-0,50 % (Bergmann 1992)

keztében. A növény tápláltsági állapotának minőségét jól tükrözhetik a főbb tápelemek arányai, hányadosai. Ilyen optimális aránynak kísérletünk szerint a 8-10 N/P, 10-12 K/P, valamint a 0,6-0,8 N/K érték tekinthető. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára, a bokrosodás végi – szárbaindulás elejei tavaszi árpa növényelemzés-adatainak értelmezéséhez.

A 11. táblázatban közölt eredmények arra utalnak, hogy a N-kínálat jobban segíti a K felvételét mint a Ca-ét, így a K/Ca aránya a NxK kölcsönhatás nyomán megkétszereződik. Még kifejezettebben jelentkezik mindez a Mg esetében. Erősen meszes, sülevényes talajokon tehát az együttes NK trágyázás különösen előnyös lehet, amennyiben visszaszoríthatja a nemkívánatos Ca és Mg elemek túlsúlyát. A P/Zn arány optimuma 50-150 közötti tartományban található a növényi részekben a legtöbb gabonaféléknél. A P és a N együttes hatása nyomán kísérletünkben relatív Zn-hiány indukálódott, a P/Zn aránya 200 fölé emelkedett mind a szemben, mind a szalmában. Mindez azonban még latensen jelentkezett a kevésbé Zn-igényes árpánál, termécsökkenést nem okozva.

11. táblázat NxK, valamint az NxP ellátás hatása a sörárpa elemarányaira						
N kg/ha évente	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	140	220	361	468		
K/Ca arány 05. 26-án						
0	4,8	5,1	5,1	5,2		5,0
100	3,9	6,5	6,5	7,0	0,9	6,0
200	4,1	6,1	7,2	8,0		6,4
300	4,0	5,6	8,3	8,5		6,6
Átlag	4,2	5,8	6,8	7,2	0,4	6,0
K/Mg arány 06. 11-én						
0	10	11	12	14		12
100	9	13	16	17	4	14
200	10	16	19	20		16
300	9	16	20	25		17
Átlag	10	14	17	19	2	15
N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
P/Zn arány 07. 23-án a szalmában						
0	107	157	149	188		150
100	66	187	223	273	88	187
200	50	156	170	253		157
300	40	187	257	361		211
Átlag	65	171	200	269	44	176
P/Zn arány 07. 23-án a szemben						
0	134	153	162	160		152
100	110	181	189	234	42	178
200	105	168	208	250		183
300	111	160	215	274		190
Átlag	115	166	194	229	21	176

Optimum 05. 26-án szárbainduláskor: 6-10 K/Ca, 15-25 K/Mg, 50-150 P/Zn

A 12. táblázat áttekintést nyújt a sörárpa összetételéről a tenyészidő során, és pedig a meghatározó fő tápelemellátottság függvényében, 32-32 ismétlés átlagában. Az adatokból látható, hogy az előregedő növényben csökken a K tartalma: bokrosodás végén átlagosan 3,65, kalászoláskor 2,05, aratáskori szalmában 0,91, míg a szemben 0,60 %. Mérséklődik a K-trágyázással okozott koncentráció növekedésének üteme is, a magban változás már nem igazolható.

Nitrogén a fiatal hajtásban és a szemben dúsul, míg a szalma a legszegényebb N-ben. Éréskor a N, főként a zászlóselelekből, a magba vándorol. A N-kínálat színvonalát minden növényi szerv jól jelzi. A szemtermés közel egy nagyságrenddel kevesebb Ca-ot igényel, mint a vegetatív szervek. Különösen a fiatal hajtás volt gazdag ebben az elemben. A N-kínálat a vegetatív részek Ca-tartalmát minden esetben emelte. P-ban a mag bizonyult a leggazdagabbnak és a szalma a legszegényebbnek. A P is újrahasznosul, éréskor a levelekből a magba vándorol.

12. táblázat NPK-ellátás és a sörárpa légszáraz összetétele a tenyészidőben, 1986

Növényi rész, ill. szerv	NPK ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
K % (K hatására)						
Hajtás ¹	2,95	3,70	3,94	3,99	0,17	3,65
Hajtás ²	1,67	1,99	2,24	2,30	0,08	2,05
Szalma ³	0,73	0,89	0,96	1,04	0,05	0,91
Szem ³	0,61	0,60	0,60	0,58	0,05	0,60
N % (N hatására)						
Hajtás ¹	2,12	2,46	2,79	3,01	0,10	2,60
Hajtás ²	1,16	1,54	1,89	2,06	0,10	1,66
Szalma ³	0,54	0,74	0,95	1,08	0,05	0,83
Szem ³	1,64	1,86	2,03	2,08	0,08	1,91
Ca % (N hatására)						
Hajtás ¹	0,56	0,59	0,64	0,69	0,04	0,62
Hajtás ²	0,48	0,52	0,55	0,62	0,04	0,54
Szalma ³	0,32	0,36	0,40	0,42	0,03	0,38
Szem ³	0,05	0,06	0,06	0,06	0,01	0,06
P % (P hatására)						
Hajtás ¹	0,28	0,31	0,33	0,36	0,02	0,32
Hajtás ²	0,20	0,22	0,22	0,26	0,02	0,22
Szalma ³	0,10	0,10	0,11	0,13	0,01	0,11
Szem ³	0,41	0,42	0,42	0,43	0,03	0,42
Mg % (K hatására)						
Hajtás ¹	0,23	0,20	0,18	0,16	0,02	0,19
Hajtás ²	0,18	0,14	0,14	0,12	0,01	0,14
Szalma ³	0,16	0,14	0,12	0,12	0,01	0,13
Szem ³	0,14	0,14	0,14	0,13	0,01	0,14

¹Hajtás 05. 26-án, ²Hajtás 06. 11-én, ³Szalma és ³Szem 07. 23-án

Koncentrációja mérsékelten nőtt a kínálattal. Mg viszonylag egyenletes eloszlást mutatott éréskor a szemben és a szalmában, maximumot a fiatal hajtás jelzett (12. táblázat).

A N-kínálattal a Na erősen dúsult a vegetatív részekben a tenyészidő során. Míg a hajtásban és a szalmában többszáz mg/kg koncentrációt mutatott, a szem Na-tartalma 100 mg/kg alatt maradt. Az átlagos Fe-tartalom a hajtásban és a szalmában 100-200 mg/kg között ingadozott, a magban 70-80 mg/kg található. Az NPK ellátás beépülését kevésbé befolyásolta. A szemben 20-26, a vegetatív részekben 60-90 mg/kg a Mn koncentrációja és növekszik a N-ellátás javulásával (13. táblázat).

Zn a P-hoz hasonlóan főként a magtermésben dúsult. Rendkívül kifejezetté vált a P-Zn ionantagonizmus ezen a meszes talajon, melyet az árpa szervei az egész tenyészidő folyamán jól jeleznek. Látványosan kiürül a szalma Zn-készlete a P-ral

13. táblázat NPK-ellátás és a sörárpa légszáraz elemtartalma a tenyészidőben, 1986

Növényi rész, ill. szerv	NPK ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
Na mg/kg (N hatására)						
Hajtás ¹	340	493	547	602	71	496
Hajtás ²	541	625	704	784	60	664
Szalma ³	340	511	549	598	52	499
Szem ³	77	77	82	92	13	82
Fe mg/kg (N hatására)						
Hajtás ¹	198	196	164	178	48	184
Hajtás ²	157	118	123	116	18	128
Szalma ³	196	176	190	189	23	188
Szem ³	75	83	82	84	10	81
Mn mg/kg (N hatására)						
Hajtás ¹	86	88	93	94	5	90
Hajtás ²	61	69	73	72	4	72
Szalma ³	60	69	79	82	6	72
Szem ³	20	24	25	26	2	24
Zn mg/kg (P hatására)						
Hajtás ¹	22	14	13	12	2	15
Hajtás ²	25	16	13	14	5	17
Szalma ³	17	7	6	5	3	9
Szem ³	37	26	22	20	3	26
Cu mg/kg (N hatására)						
Hajtás ¹	7,2	7,9	9,0	9,6	0,6	8,4
Hajtás ²	4,0	4,3	5,4	5,5	0,8	4,8
Szalma ³	3,6	3,9	4,3	4,7	0,4	4,1
Szem ³	4,5	4,7	5,0	5,0	0,3	4,8

¹Hajtás 05. 26-án, ²Hajtás 06. 11-én, ³Szalma és ³Szem 07. 23-án ¹Bergmann (1992) szerinti optimum: Mn 20-100, Zn 15-60, Cu 5-10 mg/kg

jól ellátott kezelésekben, ahol a felvétel gátolt. A mobilizálható Zn nagyobb része éréskor a szalmából a magba vándorol, így a szalma Zn tartalma 5-7 mg/kg értékre esik vissza. Hasonló körülmények között a Zn-trágyázás hatékony lehet. A Cu koncentrációja mérsékelten emelkedik a N-kínálattal és viszonylag egyenletesen oszlik meg az egyes növényi szervekben. A fiatal hajtás azonban kitűnik nagyobb készletével a bokrosodás végén-szárbaindulás elején (13. táblázat).

A kalászoláskori földfeletti hajtás és az aratáskori szalma elemfelvételével a 14. táblázatban tájékozódhatunk a növekvő NP-ellátottság függvényében. Az adatokból látható, hogy míg a légszáraz anyag tömege 2-2,5-szeresére nő a NP-trágyázással, a makroelemek mennyisége átlagosan megháromszorozódik.

14. táblázat NP-kezelések hatása a tavaszi árpa elemfelvételére, 1986

Elem jele	Mértékegység	NP-ellátottsági szintek (K átlagai)				SzD _{5%}	Átlag
		N0P0	N1P1	N2P2	N3P3		
Hajtás 06. 11-én kalászoláskor							
K	kg/ha	24	50	64	76	9	54
N	kg/ha	17	42	55	62	6	44
Ca	kg/ha	8	13	18	21	2	15
P	kg/ha	3	5	7	9	1	6
Mg	kg/ha	2	4	5	5	1	4
Na	kg/ha	1	2	3	4	1	2
Fe	g/ha	214	298	365	401	86	320
Mn	g/ha	104	190	239	266	24	200
Zn	g/ha	23	39	38	39	4	35
Cu	g/ha	8	11	15	18	4	13
L.sz.a.	t/ha	3,0	5,6	6,1	6,6	0,2	5,3
Szalma 07. 23-án aratáskor							
K	kg/ha	18	42	59	71	8	48
N	kg/ha	16	37	58	67	6	44
Ca	kg/ha	8	19	25	27	4	20
P	kg/ha	3	5	6	9	2	6
Mg	kg/ha	4	7	8	8	1	7
Na	kg/ha	1	3	4	4	1	3
Fe	g/ha	554	895	1049	1134	226	908
Mn	g/ha	170	345	510	523	55	387
Zn	g/ha	30	30	31	27	4	30
Cu	g/ha	10	19	28	31	3	22
L.sz.a.	t/ha	2,0	4,0	5,2	5,5	0,3	4,2

Nagyobb eltérést mutat a Mg és Na e tekintetben: a Mg csupán 2-2,5-szeresére, míg a Na 4-szeresére emelkedik. A mikroelemek közül a Fe, Mn és Cu felvétele javul kifejezettebben, 2-3-szorosára, míg a Zn mennyisége érdemben nem változik a P-túlsúly által okozott gátlás következtében. Összességében az is megállapítható, hogy a kalászoláskori hajtás és az aratáskori szalma átlagos elemkészlete relatíve közelálló. Az előregedő szalma azonban már elvesztette a levélzet egy részét, tömege mintegy 20 %-kal, 1 t/ha-ral kisebb mint a kalászoláskori hajtásé. Ennek ellenére az átlagos Ca, Mg, Fe, Mn és Cu beépült mennyisége a szalmában nagyobb. A növényi felvétel tehát még a kalászolás, virágzást követően intenzíven folytatódott annál is inkább, hiszen bizonyos elemek főként a szemtermésben akkumulálódnak. Lássuk a szemterméssel 1 ha-ról távozó növényi anyagok megoszlását.

15. táblázat NP-kezelések és a tavaszi árpa elemfelvétele betakarításkor, 1986

Elem jele	Mértékegység	NP-ellátottsági szintek (K átlagai)				SzD _{5%}	Átlag
		N0P0	N1P1	N2P2	N3P3		
Szemtermés 07. 23-án							
N	kg/ha	49	87	100	101	20	84
K	kg/ha	18	27	28	29	4	26
P	kg/ha	13	20	20	20	3	18
Mg	kg/ha	4	6	6	6	1	6
Ca	kg/ha	1	3	3	3	1	2
Na	g/ha	245	328	348	339	93	315
Fe	g/ha	189	366	380	432	50	342
Mn	g/ha	58	106	118	124	19	102
Zn	g/ha	91	109	96	75	12	93
Cu	g/ha	14	22	24	23	3	21
L.sz.a.	t/ha	2,8	4,7	5,0	4,8	0,4	4,3
Szem + szalma+pelyva 07.23-án							
N	kg/ha	66	124	158	168	25	129
K	kg/ha	36	68	88	99	10	73
P	kg/ha	16	24	26	29	4	24
Ca	kg/ha	10	22	28	29	4	22
Mg	kg/ha	8	13	14	14	2	12
Na	kg/ha	1	4	4	5	1	4
Fe	kg/ha	1	1	2	2	1	1
Mn	g/ha	238	451	621	648	58	490
Zn	g/ha	120	135	134	102	31	123
Cu	g/ha	23	41	52	54	4	42
L.sz.a.	t/ha	5,5	9,8	11,3	11,3	0,9	9,5

Az 5 t/ha körüli maximális légszáras magtermésben mintegy 100 kg N, 29 kg K (35 kg K₂O), 20 kg P (46 kg P₂O₅), 6 kg Mg és 3 kg Ca található. A Na és Fe 300-400 g, Mn 100-120 g, Zn 100 g, Cu 24 g mennyiséget jelez. Az összes földfeletti betakarított terméssel, tehát a 11 t/ha légszáras anyaggal, maximálisan és kereken 170 kg N, 120 kg K₂O, 65 kg P₂O₅, 40 kg CaO, 24 kg MgO, 5 kg Na, 2 kg Fe; 0,6 kg Mn, 0,1 kg Zn és 50 g Cu veszteség állhat elő hektáronként. A tavaszi árpa

tápelemigényes kultúra és nagyobb termése esetén a talajt jelentősen szegényítheti mineráliákban (15. táblázat).

16. táblázat NP-kezelések hatása a sörárpa fajlagos elemtartalmára, 1986-ban*

Elem Jele	Mérték- egység	NP-ellátottsági szintek (K átlagai)				SzD _{5%}	Átlag
		N0P0	N1P1	N2P2	N3P3		
N	kg/t	23	26	32	35	4	29
K	kg/t	13	14	18	20	2	16
P	kg/t	6	5	5	6	1	6
Ca	kg/t	3,6	4,7	5,6	6,0	0,6	5,0
Mg	kg/t	2,8	2,7	2,8	2,9	0,4	2,8
Na	kg/t	0,4	0,8	0,8	1,0	0,2	0,8
Fe	g/t	263	275	322	331	22	298
Mn	g/t	85	95	125	134	26	110
Zn	g/t	43	29	27	21	8	30
Cu	g/t	8	9	10	11	2	10

* 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma

A tápelemigényt első közelítésben a fajlagos, azaz az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemkészlete tükrözi. A 16. táblázat adatai szerint ez az igény a talaj kínálatától, ellátottságától is függhet. A N pl. 23-35 kg, K 13-20 kg, Ca 3.6-6.0 kg között ingadozott az NP-kezelések között. Mivel a termés mennyisége és a söripári minőség tekintetében egyaránt optimálisnak és gazdaságosnak az N1P1 kezelés mutatkozott, hasonló termesztési viszonyok között az alábbi fajlagos mutatók javasolhatók: N 26 kg, K₂O 16 kg, P₂O₅ 12 kg, CaO 6 kg, MgO 4 kg, Fe 270 g, Mn 100 g, Zn 40 g, Cu 10 g. Természetesen ezen a meszes vályog talajon a Ca, Mg, Fe, Mn elemekkel szemben trágyaigény nem jelentkezik, adataink azonban iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.

A hazai szaktanácsadásban elfogadott 23-9-21-8-2 = N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t fajlagos mutatókkal összevetve megállapítható, hogy a kísérletünkben kapott 26-12-16-6-4 = N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t fajlagosok némileg nagyobb N, P és Mg, valamint kisebb K és Ca tartalmat igazolnak. Mivel a sörárpat kifejezetten Ca- és Mg-szegény savanyú talajon nem termesztjük, szaktanácsadásban csak az NPK-igényt becsüljük. A trágyaszükséglet „becslés” jellegéből adódóan a fajlagosok csak irányszámok lehetnek és a termőhelytől függően eltérhetnek. Saját fajlagosaink *Kismányoky (1997)* által megadott értékekhez állnak közelebb.

Összefoglalás

1. A javuló N-ellátás a P kivételével minden elem koncentrációját növelte a vegetatív növényi részekben. A K-trágyázás serkentette a K és Na, valamint mérsékelte a Ca, Mg és Mn beépülését a növényi szövetekbe. A P-kínálattal nőtt a P és Ca, valamint csökkent a N, K, Fe, Zn és Cu tartalma a hajtásban. A vegetatív részek tömegét az együttes NP-trágyázás megkétszerezte.
2. A termésmaximumokhoz kötődő optimum a szárbaindulás kezdeti hajtásban az alábbiak adódott: 3,0-4,0 % K, 2,0-3,0 % N, 0,3-0,4 % P, 10-12 K/P, 8-10 N/P és 0,6-0,8 N/K arány. Adataink jó egyezést mutatnak az irodalmi közlésekkel és felhasználhatók a sörárpa tápláltsági állapotának megítélésékor a szaktanácsadásban. A P/Zn aránya 200 fölé emelkedett a P-ral jól ellátott kezelésekben. A P-Zn antagonizmus latens Zn-hiányt indukálhat ezen a talajon, a Zn-trágyázás Zn-igényes kultúrákban hatékony lehet.
3. Az összes betakarított termés (5 t mag + 6 t melléktermés) kereken 170 kg N, 120 kg K₂O, 65 kg P₂O₅, 40 kg CaO, 24 kg MgO, 5 kg Na, 2 kg Fe, 0,6 kg Mn, 0,1 kg Zn és 50 g Cu tartalommal rendelkezett. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemigénye 26 kg N, 16 kg K₂O, 12 kg P₂O₅, 6 kg CaO, 4 kg MgO, 270 g Fe, 100 g Mn, 40 g Zn és 10 g Cu mennyiségnek adódott a termőhelyen. A közölt fajlagos irányszámok felhasználhatók a tervezett termés műtrágyaszükségletének becslésénél a szaktanácsadásban.
4. Hasonló körülmények között a jó minőségű nagy termés feltétele a 100 kg/ha körüli N-trágyázás, valamint a 150-200 mg/kg ammonlaktát (AL)-oldható P₂O₅ ill. K₂O ellátottság biztosítása a talaj szántott rétegében.

4. Műtrágyázás hatása az olajlentre (*Linum usitatissimum L.*) 1987

4.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az 1800-as évek közepéig, a napraforgó térhódításáig, a len számított legfontosabb növényi olajforrásnak. A visszamaradó lenmagpogácsa könnyen emészthető fehérjedús takarmányként hasznosult. Rostja a ruházkodás nélkülözhetetlen alapanyagául szolgált. Olajra, magra főként az Alföldön, ill. a szárazabb és melegebb vidékeken termesztették ritkább vetésben, hogy jobban elágazódjon. Rostra a hűvösebb, nedvesebb vidékek alkalmasak sűrű vetésben, bár a kétféle hasznosítás nem különült el élesen egymástól. A rostlent elvirágzás után betakarítják, de szárazság idején alacsony és durvarostú marad. Mivel rövid, 100-120 napos tenyészideje alatt a len gyökérzete gyengén fejlődik ki ill. nem hatol mélyre, az általános vélemény szerint ideális előveteménye a trágyázott kapásnövény. Gyommentes, tiszta, jó tápanyag- és vízgazdálkodású talajt igényel, különösen az olajlen (Cserhádi 1901, Mohácsi 1963, Láng 1976, Antal 1987, Selmeczi 1993).

Az olajlen termése és minősége a termesztési viszonyoktól függően (mint a talaj, éghajlat, fajta, elővetemény és különösen a trágyázás) változhat. Az általános vélemény szerint a N meghatározó szerepet játszik a termésképzésben és a termék minőségének alakításában egyaránt. A N hiánya esetén pl. csökken a növényenkénti elágazások és tokok száma, ezzel együtt a magtermés és olajhozam (Hocking és Pinkerton 1991). N-hatás azonban a talaj N-kínálatától függ. Amennyiben a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete megfelelő, N-hatások nem várhatók. Túltrágyázáskor pedig csökkenhet a termés és romlik a minőség (Freer 1994, Harmati 1992, Izáki 1998).

Izáki (1998, 2001) egzakt szabadföldi kísérleteiben 3,0-3,5 % humusztartalmú réti csernozjomon, amikor a vetéskori $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 80-100 kg/ha körül ingadozott az egyes években, a 0-80 kg/ha N-adag jelentette az optimumot. Ami a P-ellátottság optimumát illeti, a 130-195 mg/kg AL- P_2O_5 készlet bizonyult megfelelőnek a maximális termés és olajhozam eléréséhez. Hasonló eredményekről számolt be Dél-Alföldön Harmati (1992) is. Az optimumot meghaladó N és P-kínálat egyaránt a magtermés, olajtartalom és az olajhozam csökkenéséhez vezetett mindkét említett szerző szerint.

Ami a szaktanácsadási javaslatokat illeti Sarkadi (1975) 1 t/ha várható magtermésnél 60-80 kg, Bocz (1976) átlagos viszonyok között 80-120 kg N-t ír elő hektáronként. Pepó és Pepó (1986) ezzel szemben korai vetést és 25-30 kg/ha N fejtrágyaként való kijuttatását hangsúlyozza. Geisler (1988) Németországban 40-60 kg/ha N-ajánlást fogalmaz meg, hangsúlyozva a N-túlsúly veszélyeit. Megemlíthető, hogy a korábbi németországi tapasztalatok szerint a nemkívánatos N-túlsúly P-trágyázással ellensúlyozható, amennyiben az olajlen kifejezetten P-igényes (Opitz 1939).

Saját kísérletünkben figyelemmel kísérjük az olajlen fejlődését a tenyészidő és a talaj NPK-ellátottsága függvényében. Választ keresünk arra, hogyan változhat a növény magassága, a virágzás ideje, a tőszám, gyomosodás, szárazanyag felhalmozás, víztartalom, valamint a gyökér, szár, tok és a mag hozama. Ilyen

részletes és átfogó vizsgálatok gyakorlatilag hiányoztak a hazai szakirodalomban. Ezen túlmenően elemeztük a magtermés olajtartalmát, zsírsavösszetételét, valamint a növényi szervek fontosabb makro- és mikroelemeinek változását, ill. az olajlen fajlagos tápelemigényét az eltérő NPK-táplálás nyomán.

4.2. Anvag és módszer

A kísérlet 14. évében, 1987-ben a Szegedi-43 fajtájú olajlent termesztettük. A fajta szárszilárd, elágazó típusú, 40-50 cm magasságú, 1-1,5 t/ha magtermést biztosító, 36-38 % olajtartalmú, csapadékigénye a tenyészidő alatt 250-300 mm. Vetése április 8-án történt 200 db/fm, ill. 100 kg/ha magmennyiséggel, 2-3 cm mélyre, gabona sortávolságra. Állománybonítást, magasságmérést és növénymintavételezést a tenyészidő folyamán több ízben végeztünk parcellánként. A növényeket 8-8 fm, azaz 1 m² területen gyökerestől kinyűttük, mértük a minták friss és légszáraz tömegét, majd meghatároztuk az egyes növényi szervek főbb makro- és mikroelemeinek koncentrációját parcellánként.

A fiatal állományban vizsgáltuk a gyomosodási viszonyokat is mint a növényborítottság, gyomfajok száma, m²-enkénti gyomtömeg. A gyomminták elemzésére szintén sor került, hogy megítélhessük a gyomok által felvett tápelemek mennyiségeit és összevethessük a kultúrnövény általi felvétellel. Külön analizáltuk az aratáskori gyökér-, szár-, tok- és magmintákat. A magtermés olaj%-át és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriuma határozta meg. Talajvizsgálatokra 1986-ban, az elővetemény sörárpa betakarítását követően került sor. Ekkor a szántott rétegből parcellánként 20-20 pontminta (botfúró) egyesítésével átlagmintákat vettünk az ammonlaktát (AL) oldható P és K mennyiségének megállapítása céljából.

Az elővetemény sörárpa betakarítása után 1986-ban augusztus és december között 123 mm, majd 1987-ben vetésig még 132 mm, ezt követően áprilisban 58, májusban 86, júniusban 68, júliusban 26 mm csapadék hullott. Az olajlen közel 4 hónapos tenyészideje alatt tehát összesen 238 mm esőt kapott, de elméletileg a megelőző őszi-téli talajkészletet is figyelembe véve 493 mm vízkészlettel rendelkezhetett. Éréskor júliusban viszont aszály uralkodott. *Dr. Vörös József*, az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetének osztályvezetője az állományt a tenyészidő folyamán a betegségek felmérése céljából három alkalommal vizsgálta meg. Megállapítása szerint a növények a kezelésektől függetlenül betegségektől mentesnek bizonyultak. A nem karakterisztikus elhalásokat, elszíneződéseket mutató egyedekben csak másodlagos, szaprofiton gombák (*Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*) voltak izolálhatók betakarításkor.

4.3. Az olajlen fejlettsége, gyomborítottsága

Az állomány átlagos föld feletti magasságát parcellánként meghatároztuk az ún. fenyőfácska stádiumban, virágzás előtt, teljes virágzásban, zöldgubós állapotban és aratás előtt. Amint az *I. táblázat* adatai igazolják, önmagában sem a N, sem a P nem befolyásolta érdemben a növények növekedését. Az együttes NP-túlsúly nyomán viszont a fejlődés erősen gátolt, május végén és június elején felére mérséklődött az állománymagasság. Depresszió az egész tenyészidő folyamán

fennmaradt a 100 kg/ha feletti N-trágyázás és a 140-150 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság felett.

Az olajlen nagyon lassan indult fejlődésnek, a vetést követő másfél hónap után érte el a 10-14 cm-es átlagos magasságot. Ezt követően robbanásszerű megnyúlás következett be, két hét alatt a földfeletti hajtás csaknem 3-szorosára nőtt virágzásig. Virágzás idején június hóban még további 10-15 cm növekedés figyelhető meg, elérve az 50 cm körüli maximális magasságot. Ezt követően a hajtás tovább már nem nő az érés, a gubó- és magképződés idején, tehát a generatív fázisban (1. táblázat).

1. táblázat NxP-ellátás hatása az olajlen átlagos magasságára (cm), 1987

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Május 27-én (Fenyőfácska stádium)						
0	14	13	13	13		13
100	16	16	13	11	2	14
200	14	14	10	8		12
300	14	12	10	7		11
Átlag	14	14	12	10	1	12
Június 9-én (Virágzás előtt)						
0	38	40	40	39		39
100	44	43	36	30	4	38
200	39	37	29	20		31
300	42	37	26	19		31
Átlag	41	39	33	27	2	35
Június 22-én (Teljes virágzás)						
0	51	51	51	51		51
100	52	52	48	44	4	49
200	50	47	41	38		44
300	50	46	39	34		42
Átlag	51	49	45	41	2	46
Július 2-án (Zöldgubós állapot)						
0	52	52	52	52		52
100	53	53	49	44	4	50
200	52	49	43	42		47
300	51	47	40	37		44
Átlag	52	50	46	44	2	48

Megjegyzés: Az aratáskori átlagos magasság megegyezett a zöldgubós állapottal

Állománybonitálásaink eredményei összhangban vannak az elmondottakkal. Az NP-túlsúly nyomán az olajlen ritka, alacsony, gyengén fejlett maradt. A 100 kg/ha feletti N-trágyázás, valamint a 140-150 mg/kg feletti P₂O₅-ellátottság együttesen kedvezőtlenül hatott a növények fejlődésére az egész tenyészidő folyamán. Megállapítható, hogy az olajlen rendkívül érzékeny a túltrágyázásra. A korábbi véleményekkel ellentétben az erősebb P-trágyázás nem ellensúlyozza, hanem növelheti a N-túlsúly káros hatását. Megdőlés viszont nem következett be a

N-túltrágyázott kezelésekben, a nemesített fajták képesek ellenállni a megdőlésnek. Bonitálási eredményeink a 2. táblázatban tanulmányozhatók.

2. táblázat N_xP-ellátás hatása az olajlen fejlődésére, 1987

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Június 10-én (Virágzás kezdete)						
0	2,3	2,6	2,5	2,5		2,5
100	4,5	4,4	3,5	3,0	0,8	3,9
200	4,4	4,5	2,8	1,2		3,2
300	5,0	4,3	2,9	1,0		3,3
Átlag	4,0	3,9	2,9	1,9	0,4	3,2
Június 29-én (Virágzás vége)						
0	2,8	3,0	2,9	3,1		3,0
100	4,0	4,0	3,9	4,0	0,8	4,0
200	4,4	4,6	4,0	3,3		4,1
300	4,4	4,8	3,6	2,0		3,7
Átlag	3,9	4,1	3,6	3,1	0,4	3,7
Július 21-én (Éréskor)						
0	3,9	4,0	3,5	3,5		3,7
100	5,0	4,5	4,0	3,0	0,6	4,1
200	4,8	4,4	3,1	2,5		3,7
300	4,6	4,1	2,6	1,8		3,3
Átlag	4,6	4,3	3,3	2,7	0,3	3,7
Július 30-án (Aratáskor)						
0	3,8	3,5	3,5	3,1		3,5
100	4,4	4,5	3,9	3,5	0,8	4,1
200	4,6	4,1	3,4	2,3		3,6
300	4,3	3,9	2,4	1,6		3,0
Átlag	4,3	4,0	3,3	2,6	0,4	3,5

Bonitálás: 1 = ritka, alacsony, gyengén fejlett; 5 = sűrű, magas, jól fejlett állomány

Feljegyeztük a virágzás kezdete, a teljes virágzás és a virágzás vége/zöldgubós állapot naptári napját parcellánként. Az egyoldalú P- vagy N-hiányos talajon, valamint az optimumot jelentő 140-150 mg/kg P₂O₅ ellátottságú kezelésekben június 10-11-e között kezdődött a virágzás. Az együttes NP-túltrágyázott talajon az olajlen fejlődésben visszamaradt, vegetatív stádiuma elhúzódott, virágzása egymásfél héttel később kezdődött. Hasonlóképpen a teljes virágzás időpontja és a virágzás vége/zöldgubós fejlődési szakasz átlagosan kb. 2 héttel kitolódott.

Idővel a különbségek nőttek az NP kontroll és az NP maximális ellátottságú parcellák növényeinek állapotában. Így pl. a virágzás kezdetén 12 nap, a teljes virágzásban 15 nap, míg a zöldgubós állapot elérésekor 16 nap volt az eltérés. Összefoglalóan megállapítható, hogy az ásványi táplálás megváltoztathatja a növények életritmusát, egész biológiáját. A virágzás csaknem két hetet késett és a virágzás ideje is kitolódott a 3. táblázatban bemutatott eredmények szerint.

3. táblázat N_xP ellátás hatása az olajlen virágzására, 1987

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Virágzás kezdete: naptári nap 06. hóban						
0	11	11	11	12		11
100	10	11	11	14	4	12
200	10	11	14	22		14
300	10	11	18	23		16
Átlag	10	11	13	18	2	13
Teljes virágzás: naptári nap 06. hóban						
0	15	15	16	16		16
100	14	14	16	20	4	16
200	14	15	20	30		20
300	14	16	25	30		21
Átlag	14	15	19	24	2	18
Virágzás vége/zöldgubós állapot: naptári nap 06. és 07. hóban						
0	22	21	22	22		22
100	21	23	25	24	4	23
200	22	25	30	07*		28
300	22	27	03*	08*		30
Átlag	22	24	28	30	2	26

* 07. hóban

Olajlen-borítottság a maximális, 80 % körüli értékeket a P-hiányos, de N-nel jól ellátott talajon mutatta. A P-túltrágyázással ez a fedettség 40 % alá zuhant. Ezzel együtt közel megháromszorozódott a gyomborítás, elérve a 22-23 %-ot. A gyomok hajtásának légszáraz tömege mintegy a 20-szorosára nőtt ugyanitt a kontrollhoz viszonyítva, megközelítve az 1,0 t/ha mennyiséget. Nőtt az átlagos gyomfajszám is, elsősorban az extrém NP-túlsúlyos kezelésekben. Meg kell említeni, hogy az optimális N1P1 kezelésben, ahol 100 kg/ha/év N-t adagoltunk a 140-150 mg/kg P₂O₅-ellátottságú talajon, a gyomosodás jellemzői számunkra kedvezően alakultak: olajlen-borítás 81 %, gyomborítás 8 %, légszáraz gyomtömeg 0,1 t/ha, átlagos gyomfajszám 7 db (4. táblázat).

Az ásványi táplálás tehát közvetetten, a kultúrnövényen keresztül jelentősen befolyásolhatja a gyomosodást. Az okszerű műtrágyázási szaktanácsadás, ill. a harmonikus táplálás a gyomok visszaszorításának biológiai eszköze lehet. A gazdanövény életfeltételeinek javításával, és a konkurenciaképességének növelésével csökkentheti a gyomosodás kártételét. A szakszerűtlen, tudományos alapokat nélkülöző trágyázás (alul- vagy túltrágyázás egyaránt) viszont termés-csökkenéshez, ezzel együtt növekvő gyomborításhoz vezethet, tehát gyomnövelő tényező. Hasonlóképpen az ásványi tápláláson keresztül befolyásolható a betegségekkel és kártevőkkel szembeni ellenállás is (Kádár 1992).

Az 1980-as években a már nemzetközi viszonylatban is magasnak tűnő gyomirtószer-felhasználás ellenére az összes gyomborítás Magyarországon újra megközelítette az 1950-es évek elején Újvárosi (1973) által becsült értékeket. Kiemelkedő volt emellett a műtrágyák, fungicidek és inszekticidek használata is. A

gyomflóra fajszáma ugyan lecsökkent, de a megmaradt fajok vegyszerekkel szembeni rezisztenciája nőtt az okozott kártétel, elterjedésük felgyorsult (*Baranyai et al. 1987, Ángyán és Menyhért 1988, Radics 1989*).

4. táblázat N x P ellátás hatása az olajlen gyomosodására 1987. 06. 11-én

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Olajlen boritottsági %-a						
0	69	72	70	67		69
100	81	81	69	55	12	72
200	81	75	56	42		63
300	88	72	59	36		64
Átlag	80	75	63	50	6	67
Gyomboritottság %-a						
0	8	10	9	11		10
100	8	8	12	16	4	11
200	9	10	16	22		14
300	6	12	18	23		15
Átlag	8	10	14	18	2	12
Légszáraz gyomtömeg t/ha 06. 23-án						
0	0,05	0,13	0,14	0,12		0,11
100	0,07	0,09	0,24	0,54	0,28	0,24
200	0,06	0,14	0,55	0,92		0,42
300	0,04	0,30	0,67	0,96		0,49
Átlag	0,06	0,16	0,40	0,63	0,14	0,31
Gyomfajok átlagos száma, db						
0	9,3	9,4	8,0	8,5		8,8
100	7,6	7,0	8,5	9,5	1,2	8,2
200	7,1	8,6	9,9	10,5		9,0
300	6,8	7,4	9,9	11,0		8,8
Átlag	7,7	8,1	9,1	9,9	0,6	8,7

Gyomok kártételét az irodalom olyan mérvűnek tekinti, mint a növényi betegségek és az állati kártevők által okozottat együttesen. A közvetlen károk között említik a tápanyagok és a víz elhasználását. Ezért is figyelhető meg nagyobb aszály okozta pusztulás a gyomos táblákon. A kultúrnövény beárnyékolása, esetenként a talajhő csökkenése szintén negatív következményekkel jár. A közvetett negatívumok közé sorolható, hogy a gyomok gazda-, köztes, vagy szaporító növényei lehetnek a gomba vagy rovar kártevőknek. Elfogadott, hogy a gyomok gyökerei növekedést gátló toxikus anyagokat választhatnak ki (allelapatia). Külön gondot okoz a zöld gyomrészekkel fertőzött termés betakarítása, tisztítása, szárítása.

A gyomok fajgazdagsága lehetővé teszi, hogy azon gyomfajok aktivizálódjanak, melyek hasznosítani tudják az adott tápláltsági (alul- vagy túltrágyázási) situációt. Kísérletünkben pl. mintegy 3-szorosára nőtt a *Reseda lutea* és a *Chaenorrhinum minus*, valamint 6-7-szeresére a *Chenopodium album* és az *Amaranthus blitoides* általi boritottság az extrém NP-túltrágyázott talajon.

Egyéb előforduló gyomfajok az alábbiak voltak: *Stachys annua* 1,5; *Diplotaxis muralis* 0,9; *Bilderdykia convolvulus* 0,8; *Chenopodium hibridum* 0,5; *Sinapsis arvensis*, *Helianthus annuus*, *Descurainia sophia* 0,4, *Amaranthus retroflexus* 0,3; *Convolvulus arvensis*, *Ajuga chamaepitys* 0,2 % átlagos borítással (5. táblázat).

5. táblázat NXP ellátás hatása egyes gyomfajok átlagos borítottságára 1987. 06. 11.

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD ₅ %	Átlag
	89	142	255	384		
<i>Reseda lutea</i> , %						
0	0,9	1,0	1,3	1,6		1,2
100	1,7	1,7	1,7	1,9	1,0	1,8
200	1,0	1,0	2,3	2,1		1,6
300	1,8	2,2	2,6	2,6		2,3
Átlag	1,4	1,5	2,0	2,1	0,5	1,7
<i>Chenopodium album</i> , %						
0	0,7	0,8	0,9	0,3		0,7
100	1,0	1,5	1,8	3,2	1,4	1,9
200	1,0	2,0	2,9	2,9		2,2
300	0,8	2,7	3,9	4,1		2,9
Átlag	0,9	1,8	2,4	2,6	0,7	1,9
<i>Amaranthus blitoides</i> , %						
0	0,6	0,3	0,8	0,3		0,5
100	0,4	0,2	0,6	1,4	1,2	0,7
200	0,8	0,7	1,6	1,9		1,2
300	0,4	2,4	1,7	3,3		2,0
Átlag	0,6	0,9	1,2	1,7	0,6	1,1
<i>Chaenorrhinum minus</i> , %						
0	0,8	1,1	1,2	1,1		1,0
100	0,7	0,4	0,8	0,8	0,8	0,7
200	0,6	0,7	0,9	2,2		1,1
300	0,4	0,2	0,7	2,3		0,9
Átlag	0,5	0,6	0,9	1,6	0,4	0,9

A légszáraz hajtás tömege június 10-én kereken 2,2 t/ha volt az ideálisan táplált N1P1 kezelésben, míg az N3P3 extrém NP-túlsúlyos talajon 0,7 t/ha, tehát 1/3-ára csökkent. A gyökér esetén ez a depresszió kifejezettebb. A légszáraz tömeg 1/5-ére mérséklődött a túltáplált talajon, az N1P1 kezeléshez viszonyítva. Tápanyagdúsabb közegben a gyökér kevésbé terjeszkedik, hiszen az igényelt tápelemmennyiséget kisebb talajtérfogatban, kevesebb energia felhasználásával felveheti. A len azonban érzékeny a túltrágyázásra, úgy tűnik, ez a NP-túlsúly már toxikus hatást is kifejthet a gyökerek fejlődésére (6. táblázat).

6. táblázat NxP ellátás hatása az olajlenre 1987. 06. 10.

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Légszáraz hajtás, t/ha						
0	1,18	1,28	1,26	1,20		1,23
100	1,71	2,15	1,76	1,28	0,40	1,72
200	2,01	1,70	1,38	0,70		1,45
300	1,86	1,56	1,00	0,73		1,29
Átlag	1,69	1,67	1,35	0,98	0,20	1,42
Légszáraz gyökér, t/ha						
0	0,22	0,24	0,25	0,23		0,24
100	0,28	0,33	0,30	0,20	0,08	0,28
200	0,32	0,25	0,20	0,08		0,21
300	0,29	0,25	0,15	0,07		0,19
Átlag	0,28	0,27	0,22	0,14	0,04	0,23
Légszáraz hajtás/gyökér aránya						
0	5,4	5,3	5,0	5,2		5,2
100	6,1	6,5	5,9	6,4	2,0	6,2
200	6,3	6,8	6,9	8,8		7,2
300	6,4	6,2	6,7	10,4		7,4
Átlag	6,0	6,2	6,1	7,7	1,0	6,5
Hajtás légszárazanyag %-a						
0	24	23	25	21		23
100	20	19	18	21	4	20
200	20	18	18	18		18
300	18	18	17	16		17
Átlag	21	20	20	19	2	20

Az említettek miatt az ebben a korban ideális 6 körüli légszáraz hajtás/gyökér arány 10-re tágult az NP túlsúly következtében. Figyelemreméltó az is, hogy a hajtás légszáraz anyaga trágyázatlan talajon 24, míg az NP-túltrágyázotton 16 %-ot tett ki. A túltáplálás gátolva a fejlődést fiatalabb, nedvdúsabb szöveteket eredményezett. Ez a jelenség a virágzás vége stádiumában is kifejezett maradt. A kontroll talajon ekkor 28, míg a NP-túltrágyázotton 20 % a légszáraz anyag, amint a 7. táblázatban látható.

A kezeléshatások egyébként idővel mérséklődnek, mindössze kétszeres különbségek jelentkeznek a hajtás és a gyökér légszáraz tömegét tekintve. Sőt, a hajtás/gyökér aránya igazolhatóan nem változik a trágyázás nyomán június 29-én, a virágzás végén. Mindez arra utal, hogy a túltrágyázás okozta depresszió már egyaránt és hasonló mértékben érinti a gyökeret és a földfeletti hajtást, ill. a gyökérszövet részben kiheverte vagy kinötte a toxikus hatású feltalajt az extrém NP-trágyázott parcellákon (7. táblázat).

7. táblázat N_xP ellátás hatása az olajlenre 1987. 06. 29-én

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%} 21	Átlag 218
	89	142	255	384		
Légszáraz hajtás, t/ha						
0	2,80	2,87	3,16	2,90		2,93
100	4,18	4,14	3,16	3,08	0,85	3,64
200	3,70	3,71	3,36	1,62		3,10
300	4,17	3,11	2,65	1,58		2,88
Átlag	3,71	3,46	3,08	2,30	0,43	3,14
Légszáraz gyökér, t/ha						
0	0,39	0,34	0,36	0,32		0,35
100	0,45	0,44	0,39	0,35	0,10	0,41
200	0,38	0,35	0,36	0,22		0,33
300	0,43	0,33	0,31	0,20		0,32
Átlag	0,41	0,37	0,36	0,27	0,05	0,35
Légszáraz hajtás/gyökér						
0	7,2	8,4	8,8	9,0		8,4
100	9,3	9,3	8,1	8,7	2,8	8,8
200	9,8	10,6	9,2	7,5		9,3
300	9,6	9,5	8,5	8,1		8,9
Átlag	9,0	9,4	8,6	8,3	1,4	8,8
Hajtás légszárazanyag %-a						
0	28	27	27	26		27
100	27	27	25	23	4	25
200	27	24	22	22		24
300	26	23	22	20		23
Átlag	27	25	24	23	2	25

A 8. táblázatban közölt eredmények szerint aratás idején a magtermés 1,2 és 2,0, a tok 0,6 és 1,1, a szár 1,3 és 2,4, a gyökér kereken 0,4 és 0,6, az összes földfeletti hozam 3,2 és 5,1, a gyökérrel együtt mért összes légszáraz anyag hozama pedig 3,6 és 5,7 t/ha között változott a kezelések nyomán. A légszáraz anyag átlagosan 92 %-ot tett ki a növényi részekben. Megállapítható, hogy az olajlen mérsékelt szárazanyag-gyapodásra képes kistestű kultúra. A 140-150 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság felett minden növényi szerv termése csökkent. Átlagos N-hatásokat tekintve a 100 kg/ha/év adag bizonyulhat gazdaságosnak.

Összességében arra a következtetésre juthatunk, hogy az olajlen nem trágyaigényes növényünk. Az irodalmi adatokkal ellentétben P-igénye sem kifejezett, hiszen érdemi pozitív P-hatásokat nem mutatott ezen a P-ral gyengén ellátott minőségi csernozjomon. A nagyobb P-kínálat pedig nem képes mérsékelni a N-túlsúly káros következményeit, sőt az együttes NP-túlkínálat katasztrofális következményekkel járhat, amennyiben elveszíthetjük a magtermés 1/3-át. A hazai szaktanácsadási javaslatokban hasonló meszes talajon 160-230 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság „közepes”-nek minősül és az olajlen alá ilyenkor még P-trágya javasolt. Hasonló a helyzet a K-trágyázási javaslatnál (Antal 1987). Kísérleti adataink a javaslatokat nem támasztják alá.

8. táblázat N_xP ellátás hatása az olajlen légszár az tömegére 1987. 07. 27-én

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
	Mag, t/ha					
0	1,35	1,39	1,37	1,35		1,36
100	1,79	1,80	1,84	1,76	0,24	1,80
200	1,79	1,84	1,83	1,37		1,71
300	1,80	2,03	1,70	1,20		1,68
Átlag	1,68	1,76	1,68	1,42	0,12	1,64
	Tok, t/ha					
0	0,61	0,68	0,64	0,62		0,64
100	0,97	0,95	0,99	0,97	0,14	0,97
200	0,95	1,12	1,13	0,77		0,99
300	0,94	1,11	0,97	0,74		0,94
Átlag	0,87	0,96	0,93	0,78	0,07	0,88
	Szár, t/ha					
0	1,46	1,61	1,64	1,41		1,53
100	2,13	2,29	1,86	1,72	0,36	2,00
200	2,06	2,38	1,96	1,21		1,92
300	1,98	2,00	1,66	1,31		1,74
Átlag	1,91	2,07	1,78	1,43	0,18	1,80
	Gyökér, t/ha					
0	0,40	0,39	0,44	0,42		0,41
100	0,54	0,57	0,52	0,53	0,10	0,54
200	0,52	0,56	0,52	0,39		0,50
300	0,49	0,55	0,42	0,37		0,46
Átlag	0,49	0,52	0,47	0,43	0,05	0,48

Légszár az anyag átlagosan 92 % a növényi szervekben

Összefoglalás

1. Az olajlen nem trágyaigényes növényünk. Ezen a K-mal közepesen, P-ral gyengén ellátott termőhelyen érdemi terméstöbbleteket P vagy K adagolás nyomán nem kaptunk. Optimális N-trágyázásnak a 100 kg/ha/év bizonyult. A 140-150 mg/kg ammonlaktát (AL) oldható P₂O₅ ellátottság, ill. 100 kg/ha/év N-trágyázás felett a depresszió viszont kifejezetté vált.
2. Az együttes NP túlsúly nyomán 30-50 %-kal csökkent az állomány magassága, a virágzás időpontja mintegy 2 héttel kitolódott és a virágzás ideje is megnőtt. Az olajlen-borítottság 81-ről 36 %-ra, a gyomborítottság 8-ról 23 %-ra, a gyomfajok száma 8-ról 11-re változott. A légszár az hajtás tömege 2,2-ről 0,7 t/ha-ra mérséklődött június 10-én, ill. 4,1-ről 1,6 t/ha-ra június 29-én. A hajtás légszár az anyaga a kontrollhoz képest mindkét időpontban 8 %-kal süllyedt. Az aratás kori mag, tok, szár és gyökér hozama átlagosan 1/3-ával zuhant az NP-túlsúlyos talajon.
3. Az irodalmi utalásokkal ellentétben az olajlen nem bizonyult P-igényes kultúrának. A növelt P-kínálattal hasonló körülmények között nem mérsékelhető a N-túlsúly káros hatása. Ellenkezőleg, az együttes NP-

túltrágyázás katasztrofális következményekkel járhat. Elveszíthetjük a termés 1/3-át, a mag olajtartalma 2-3 %-kal csökkenhet. A 14 éve trágyázásban nem részesült kontroll talajon az olajhozam 552 kg/ha, a 100 kg/ha/év N-adagnál és 140 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságon 750 kg/ha, míg az NP-túltrágyázotton 452 kg/ha mennyiséget tett ki.

4. A hazai szaktanácsadásban (hasonló meszes talajon) a 160-230 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság „közepes”-nek minősül és az olajlen alá P-műtrágya javasolt. Hasonló a helyzet a K-trágyázási javaslatban. Kísérleti adataink a szaktanácsadási ajánlásokat nem támasztják alá, ill. megkérdőjelezzik. Hangsúlyozni szükséges, hogy az olajlen a túltrágyázásra érzékeny növényünk.

4.4. Az olajlen összetétele, minősége, elemfelvétele

A magtermés átlagos összetétele *Prjanisnyikov (1965)* szerint 7-8 % víz, 23 % fehérje, 35 % olaj, 22 % N-mentes kivonat, 8-9 % rost és 3-4 % hamu. Az olajtartalom az akkori, háború előtti fajtákban 30-36 %, míg Indiában és Argentínában 37-38 % volt. A magvak ezermag-tömege Európában 4-5, míg a trópusi tájakon 7-8 g. *Minkevics és Borkovszkij (1951)* 29-48 % olajtartalmat közöl az orosz viszonyokra, a zsírsavösszetétel szórását pedig az alábbiakban adja meg: sztearinsav 3 %, palmitinsav 6-7 %, olajsav 3-18 %, linolsav 22-28 %, linolensav 18-47 %.

A német szakirodalomban is eltérő adatokat találunk a régebbi és az újkori forrásokban. Így pl. *Jahn-Deesbach (1965)* 35-37 % olajtartalmat, az olajban 8-9 % telített zsírsavat, 19-27 % olajsavat, 22-28 % linolsavat és 43-63 % linolensavat jelöl meg. *Geisler (1988)* már 44-46 % olajtartalommal számol. *Láng (1976)* itthon 5-10 % telített zsírsav, 10-20 % olajsav, 10-30 % linolsav és 40-60 % linolensav átlagos összetételről tudósít. *Izsáki (1998, 2001)* kísérleteiben 34-38 % olajtartalom mellett 20-28 % nyersfehérje volt kimutatható az NP-trágyázás függvényében. Az átlagos zsírsavösszetétel Sandra fajtában 2-3 % sztearinsav, 2-6 % palmitinsav, 8-14 % linolsav, 12-26 % olajsav, 52-77 % linolensav az évek függvényében. Trágyázás a zsírsavösszetételt kevésbé befolyásolta.

Ami a diagnosztikai célú összetételt illeti, *Bergmann (1992)* az optimális ellátottságot az alábbiakban közli a virágzás előtti hajtás felső harmadára: K 2,5-3,5 %, N 2,6-3,0 %, Ca 0,5-1,0 %, P 0,35-0,50 %, Mg 0,20-0,50 %, Mn 30-100 mg/kg, Zn 30-80 mg/kg, Cu 10-15 mg/kg, Mo 0,3-1,0 mg/kg szárazanyagban. *Izsáki (2004)* kísérletei szerint a föld feletti hajtás elemtartalma drasztikusan csökkenhet az idő előrehaladtával, legalábbis a legtöbb vizsgált elem tekintetében. Mivel a hazai irodalomban hasonló adatok nem lelhetők fel, iránymutató jelleggel szükséges említésük.

A szerző szarvasi kísérletében május 10-június 24 között, 6 hét alatt a N 4,0 %-ról 1,9 %-ra, K 2,6 %-ról 1,2 %-ra, Ca 1,1 %-ról 0,65 %-ra, Na 0,87 %-ról 0,28 %-ra, P 0,40 %-ról 0,21 %-ra zuhant. A Fe 258 és 68, a Mn 115 és 44, a Zn 33 és 26 mg/kg koncentrációt mutatott a két időpontban. A Mg 0,3-0,4 %, míg a Cu 3-4 % között változott, növekvő tendenciát jelezve. A betakarításkori szár-tok-mag átlagos tartalmát tekintve a N 0,43-0,84-4,28 %, a K 1,34-1,44-0,69 %, a Ca 0,52-1,13-0,18 %, a Na 0,41-0,13-0,06 %, a P 0,03-0,03-0,55 %, a Mg 0,26-0,35-0,32 %,

Fe 71-139-57 mg/kg, Mn 23-50-18 mg/kg, Zn 6-10-42 mg/kg, Cu 2,6-2,9-4,4 mg/kg tartalmat mutatott (Izsáki 2004).

A fajlagos, azaz 1 t magtermés + a hozzá tartozó szártermés elemigényére vonatkozó irodalmi közlések jelentősen eltérhetnek. Ennek egyik oka, hogy változott a mag/szalma aránya, a harvest index. Cserhádi (1901) szerint 0,3-0,7 t/ha a magtermés, melyhez 2,5-3,0 t/ha kóró tartozhat. Prjanisnyikov (1965) az 1920-as években 0,6 t mag + 4,5 t szalma hozammal számol. A szalma/mag aránya tehát 6-8-szoros is lehetett az 1900-as évek elején, első felében, amikor az olajlen és a rostlen, a két hasznosítási forma nem különült el élesen. Láng (1976) 1-2 t magterméshez 3-4 t szalmát, míg Geisler (1988) Németországban 1-3 t magterméshez 2-4 t szártermést rendel az olajlennél. A szalma/mag aránya 1/3-ára vagy 1/4-ére szűkült, így a fajlagos igény is lecsökkent, míg az összes szárazanyag hozama lényegében nem változott.

Prjanisnyikov (1965) adatai alapján a fajlagos elemigény 150 kg N, 38 kg P₂O₅, 95 kg K₂O. Bocz (1976) 40 kg N, 12 kg P₂O₅ és 10 kg K₂O; Antal (1987) 40 kg N, 13 kg P₂O₅, 50 kg K₂O, 18 kg CaO és 3 kg MgO fajlagosokat közöl. Kádár (1992) irodalmi és saját vizsgálatai nyomán az alábbi módosítást javasolta a szaktanácsadásnak: N 40 kg, P₂O₅ 13 kg, K₂O 50 kg, CaO 40 kg, MgO 14 kg.

Ezen a 140-160 mg/kg ammonlaktát (AL) oldható K₂O tartalmú, közepes K-ellátottságú termőhelyen a K-trágyázás sem a termés mennyiségét, sem a minőségét érdemben nem befolyásolta. Meghatározónak az együttes NxP trágyázás bizonyult. A 9. táblázat adatai szerint tendenciájában a N és P kínálatával is csökkent az olajtartalom a magban, drasztikus csökkenés azonban csak az együttes NP-túlsúly nyomán lépett fel, elérve a 3 %-ot. Az olajhozamban már 30-40 %-os a depresszió mértéke, hiszen az NP-túlsúly a magtermés mennyiségét is mérsékelte.

Az átlagos zsírsavösszetételt az alábbiak találtuk: sztearinsav 3,8 %, palmitinsav 6,6 %, linolsav 13,2 %, olajsav 21,4 %, linolensav 54,9 %. Az olajtartalom kerekén 38-41 % között változott a kezelések függvényében. A nyersfehérje ugyanitt 25-31 % ingadozást mutatott, ellenkező előjellel, amennyiben nőtt az NP-trágyázással. Izsáki (1998, 2001) adataival összevetve megállapítható, hogy kísérletünkben a Szegedi-43 fajtájú olajlen 1987-ben olajban és fehérjében egyaránt 3-4 %-kal gazdagabb magtermést adott, mint a Sandra fajta 1994-1997 között Szarvason. Zsírsavösszetétele viszont a Sandra fajta minimum-maximum évenkénti szórásértékei között maradt.

Ami az NxP trágyahatásokat illeti a zsírsavösszetételben látható, hogy a P-túlsúly növeli, míg a N-trágyázás csökkenti a meghatározó linolensav mennyiségét az olajban. Hasonló mértékű, mintegy 4 %-os változás áll be az olajsav tartalmában, csupán ellentétes előjellel. Változik tehát az NP-táplálással a linolensav/olajsav aránya, azaz az olaj minősége a magban.

A NP túlsúly mintegy 10 %-kal mérsékelte a linolsav mennyiségét, mely abszolút értékben 1,3 %-os igazolható linolsav veszteséget okozott a kontrollhoz viszonyítva. Megemlítjük, hogy az együttes NP-túltrágyázás eredményeképpen a magtermés olajtartalma a kontrollon mért 41 %-ról 38 %-ra süllyedt. Zsírsavakra a N és P trágyázás ellentétesen hatott. A meghatározó linolensav (C18:3) mennyisége 56-ról 54 %-ra mérséklődött, míg az olajsav (C18:1) mennyisége 20-ról 22 %-ra emelkedett. A növekvő P-kínálattal viszont a linolensav tartalma 54-ről 56 %-ra nőtt, míg az olajsav tartalma 1,5 %-kal igazolhatóan csökkent. A kontrollon

552 kg, a 100 kg/ha/év N-adagnál és közepes P-ellátottságon 750 kg, míg az NP-túltrágyázott talajon 452 kg olajhozamot nyertünk hektáronként. A linolsav (C18:2) átlagosan 13, a palmitinsav (C16) 7, a sztearinsav 4 % tartalmat mutatott. Az eredmények részletes bemutatásától hely hiányában eltekintünk (9. táblázat).

9. táblázat NxP ellátás és az olajlen olajtartalma, -hozama és zsírsavösszetétele, 1987

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
Olaj %-a a magban						
0	40,9	40,6	40,4	40,3		40,6
100	40,8	40,0	39,2	39,2	0,8	39,8
200	40,3	39,1	38,8	38,6		39,2
300	40,1	38,9	38,4	37,9		38,8
Átlag	40,5	39,6	39,2	39,0	0,4	39,6
Olajhozam, kg/ha						
0	552	565	552	545		553
100	730	720	724	691	96	716
200	720	719	709	526		669
300	720	789	653	453		654
Átlag	681	698	659	554	48	648
Linolensav C18:3, %						
0	56,1	56,0	56,2	56,2		56,1
100	53,3	54,1	55,4	55,9	1,0	54,7
200	53,0	54,0	54,6	55,4		54,3
300	52,6	53,9	55,0	56,1		54,4
Átlag	53,8	54,5	55,3	55,9	0,5	54,9
Olajsav C18:1, %						
0	19,7	19,9	19,8	19,6		19,8
100	22,5	21,9	20,9	20,8	0,8	21,5
200	23,1	22,3	22,0	21,3		22,2
300	23,4	22,3	21,7	21,2		22,1
Átlag	22,2	21,6	21,1	20,7	0,4	21,4

Megjegyzés: Linolsav C18:2 13,2 %; Palmitinsav C16 6,6 %; Sztearinsav C18 3,8 % átlagosan. A linolsav NP-trágyázással igazolhatóan 1,3 %-ot csökkent

Az eltérően műtrágyázott növény genetikai stabilitását, minőségét, életképességét első megközelítésben a vetőmagértékkel is jellemezhetjük. A vetőmag minősége befolyásolja a növénytermesztés, rajta keresztül az egész mezőgazdaság teljesítő képességét. A vetőmag tisztaságát súlyszázalékban közöljük, mely mindazon faj (fajta) azonos magot jelenti, amelyből normális csiranövények fejlődhetnek. A hulladék %-a magában foglalja az idegen magvakat, gyommagvakat, pelyvát és egyéb szennyeződést. A csíráztatást addig folytattuk, míg minden sor bírálhatóan kifejlődött.

Vetőmag értékét az anyag egészséges állapota befolyásolja. Megállapítottuk ezért az ép csíra, a kelést követően elpusztult beteg csíra, valamint a ki sem kelt rothadt csíra arányát. A 10. táblázat eredményei szerint az NP-túltrágyázás a

hulladék 10-12 %-os növekedését, ill. a tiszta anyag hasonló mérvű csökkenését eredményezte. Az ép csíra mennyisége 4-5 %-kal igazolhatóan mérséklődött, míg a rothadt csíra mennyisége hasonló arányban emelkedett. A beteg csíra átlagosan 4-5 %-ot tett ki. Az NxP túltrágyázás tehát nemcsak a magtermés 1/3-ának elvesztéséhez, hanem a megmaradt termés genetikai életképességének romlásához is vezetett.

10. táblázat NxP-ellátás hatása az olajlen magtermésének vetőmagértékére, 1987

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384		
	Tiszta anyag %-a					
0	89	88	86	87		88
100	90	88	88	86	6	88
200	85	84	81	86		84
300	86	89	81	77		83
Átlag	87	87	84	84	3	86
	Hulladék %-a					
0	11	12	14	13		12
100	11	12	12	14	6	12
200	15	16	19	15		16
300	14	11	19	23		17
Átlag	13	13	16	16	3	14
	Ép csíra %-a					
0	93	95	92	92		93
100	92	93	94	95	6	94
200	96	93	91	91		93
300	92	93	92	88		91
Átlag	93	94	92	92	3	93
	Rothadt csíra %-a					
0	1,8	1,0	2,0	2,3		1,8
100	1,3	0,8	0,6	1,5	2,2	1,0
200	0,8	1,8	4,5	2,8		2,4
300	1,5	2,3	1,8	6,3		2,9
Átlag	1,3	1,5	2,2	3,2	1,1	2,0

Megjegyzés: Beteg csíra 4,7 % átlagosan

A továbbiakban a növény ásványi összetételének változására fordítjuk figyelmünket. A június 23-án vett gyomminták átlagos elemtartalmáról a *II. táblázat* tájékoztat. Az uralkodó nagytestű, intenzív agyagcseréjű gyomok jelenléte miatt tápelemekben gazdag növényi anyagot találunk. A N-kínálattal párhuzamosan nőtt a K, N és Ca, valamint süllyedt a Fe, Mn és Cu koncentrációja a hajtásban. A P-ellátás igazolhatóan javította a P, K, Ca és Mg, valamint rontotta a Fe, Mn és Zn beépülését. A K-trágyázás a K-tartalom emelkedését, ill. a Ca, Mg és Fe csökkenését eredményezte a fellépő kationantagonizmus nyomán.

11. táblázat NPK ellátás és a gyomok légszáraz hajtásának összetétele, 1987. 06. 23.

Elem Jele	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására						
K %	4,11	4,54	5,00	5,11	0,50	4,69
N %	3,04	3,32	3,37	3,56	0,16	3,32
Ca %	3,06	3,34	3,42	3,71	0,33	3,38
Fe %	0,19	0,15	0,14	0,13	0,03	0,15
Mn mg/kg	137	123	128	114	12	125
Cu mg/kg	10	9	8	7	1	8
P hatására						
K %	3,91	5,08	4,91	4,87	0,50	4,69
Ca %	2,51	3,42	3,82	3,76	0,33	3,38
Mg %	0,58	0,71	0,72	0,66	0,08	0,67
P %	0,28	0,29	0,35	0,42	0,02	0,34
Fe %	0,19	0,15	0,15	0,12	0,03	0,15
Zn mg/kg	26	23	21	21	2	23
Cu mg/kg	10	8	8	8	1	8
K-hatására						
K %	3,33	4,70	5,12	5,61	0,50	4,69
Ca %	3,63	3,28	3,34	3,30	0,33	3,39
Mg %	0,76	0,67	0,63	0,62	0,08	0,67
Fe %	0,18	0,16	0,16	0,11	0,03	0,15

A gyomok tömege az extrém NP-túlsúlyos kezelésben nemcsak nagyságrenddel nőtt meg a kontrollhoz viszonyítva, de összetételük is megváltozott, makroelemekben gazdagodott. Ebből adódóan a hajtásba épült N, P, K, Ca, Mg, P mennyisége 20-30-szorosára emelkedett. A tápelemfelvétel abszolút számokban is figyelemre méltó: 2-60 kg K, 2-34 kg N, 2-40 kg Ca, 0,3-6,8 kg Mg, 0,2-4,3 kg P, 0,1-1,4 kg Fe, 10-220 g Na, 6-116 g Mn, 1-20 g Zn és 0,5-7,4 g Cu ha-onként. Gyomok tehát az olajlen konkurensei lehetnek nemcsak a fényért és vízért való harcban, hanem a talaj felvehető elemkészletének hasznosításában is (12. táblázat).

A 13. táblázat eredményei szerint leggazdagabb N-ben a magtermés és a fiatal hajtás. A szárazanyag felhalmozással párhuzamosan hígulás lép fel a tenyésztési folyamán. Aratás idejére a szár kiürül, N-készlete részben a tokba, főként azonban a magba vándorol. A gyökér N-tartalma hasonlóképpen lecsökken, N a földfeletti részekbe távozik. A növekvő N-kínálattal minden növényi szerv N-koncentrációja emelkedik. A szár kivételével javul a Mn beépülése is a N-kínálattal. Ez utóbbi elem a fiatal hajtásban és az aratáskori tokban dúsul, míg a szár és a mag Mn-ban elszegényedik. A Zn főként a magban halmozódik fel, az előregedő gyökér és főként a szár kis koncentrációkkal rendelkezik. Az is megállapítható, hogy ezen az eredetileg is Zn-hiányos talajon a N-kínálat a Zn-tartalom csökkenéséhez vezetett.

12. táblázat NxP-ellátás hatása a gyomok elemfelvételére 1987. 06. 23-án

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%} 21	Átlag 218
	89	142	255	384		
Felvett K, kg/ha						
0	2,0	5,7	5,1	4,8		4,4
100	2,9	4,0	10,6	29,4	22,0	11,7
200	3,8	7,4	31,0	51,1		23,3
300	1,6	17,2	41,2	52,8		28,2
Átlag	2,6	8,6	22,0	34,6	11,0	16,9
Felvett N, kg/ha						
0	1,5	3,9	4,3	3,5		3,3
100	2,4	3,2	8,0	16,2	8,6	7,5
200	2,2	4,8	18,2	31,6		14,2
300	1,5	10,2	23,0	34,3		17,3
Átlag	1,9	5,5	13,4	21,4	4,3	10,6
Felvett Ca, kg/ha						
0	1,3	4,2	4,7	3,6		3,4
100	1,7	3,1	9,9	20,3	12,0	8,8
200	1,5	5,7	23,0	40,3		17,6
300	1,1	10,0	25,6	38,1		18,7
Átlag	1,4	5,8	15,8	25,5	6,0	12,1
Felvett Mg, kg/ha						
0	0,3	0,8	0,9	0,7		0,7
100	0,4	0,6	1,8	3,5	2,0	1,6
200	0,4	1,3	3,9	6,2		2,9
300	0,2	2,3	4,3	6,8		3,4
Átlag	0,3	1,2	2,8	4,3	1,0	2,2

Megjegyzés: P 0,2-4,3 kg, Fe 0,1-1,4 kg, Na 10-220 g, Mn 6-116 g, Zn 1-20 g, Cu 0,5-7,4 g ha-onként az NP-ellátás függvényében

Ca-ban viszonylag gazdag a tok, szegény a mag. A P-ellátottsággal a növényi részek Ca-tartalma is emelkedik mind a föld alatti, mind a föld feletti szervekben. Mg a fiatal hajtásban és a magban dúsult, de koncentrációja általában kiegyenlítettebb képet mutat. A szár a legszegényebb Mg-ban. A P-ellátottsággal párhuzamosan itt is javul a beépülés, a Ca-hoz hasonlóan. P egyértelműen a magtermésben akkumulálódik, a szár pedig aratás idejére kiürül. A N-hez hasonlóan a gyökerek P-készlete is mobilizálódik és a magba vándorol. A javuló P-kínálattal a vegetatív növényi részek P-tartalma átlagosan megkétszereződik, sőt a tokban megháromszorozódik. A mag összetétele genetikailag állandóbb (14. táblázat).

K-ban a fiatal hajtás és a gyökér gazdag, a mag viszonylag szegény és nem változik igazolhatóan a K-kínálat függvényében. A vegetatív szervek dúsulása viszont kifejezett és látványos. Na-ban szintén a fiatal hajtás és a gyökér gazdag, a mag és az előregedő szervek kiürülnek. A javuló K-ellátottsággal drasztikusan csökken elsősorban a fiatal vegetatív növényi részek Na-készlete. A K-Na

ionantagonizmus tehát kifejezett. A fiatal hajtás és gyökér Fe elemben gazdag, míg az aratáskori szár és mag elszegényedik, kiürül. A gyökér és a fiatal hajtások 0,1-0,2 %, míg a szár és mag 0,01 % Fe tartalmat mutattak a kezeléstől függetlenül. A Cu a hajtásokban 5-7, gyökerekben 5, magban 4, tokban 3, szárban 2 mg/kg értéket jelzett légszáraz anyagban átlagosan, kezelésektől függetlenül (15. táblázat).

13. táblázat N-ellátás hatása a légszáraz olajlen elemtartalmára, 1987

Növényi szervek	N-ellátás kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	N %					
Hajtás ¹	2,04	2,90	3,46	3,70	0,21	3,02
Hajtás ²	1,41	1,84	2,22	2,33	0,38	1,95
Szár ³	0,39	0,47	0,62	0,62	0,04	0,52
Tok ³	1,00	1,14	1,37	1,51	0,12	1,25
Mag ³	4,00	4,60	4,82	5,02	0,20	4,61
Gyökér ¹	1,10	1,44	2,00	2,18	0,17	1,68
Gyökér ²	0,50	0,78	1,04	1,19	0,07	0,88
Gyökér ³	0,41	0,52	0,66	0,78	0,06	0,59
	Mn, mg/kg					
Hajtás ¹	242	317	336	321	26	304
Hajtás ²	114	130	147	146	14	134
Szár ³	33	29	27	24	3	28
Tok ³	115	148	167	163	16	148
Mag ³	18	23	25	26	2	23
Gyökér ¹	78	102	121	127	16	107
Gyökér ²	75	105	111	108	12	100
Gyökér ³	65	71	83	80	14	75
	Zn, mg/kg					
Hajtás ¹	21	19	16	17	3	18
Hajtás ²	18	14	16	14	3	16
Szár ³	6	2	2	2	1	3
Tok ³	9	10	10	10	2	10
Mag ³	38	36	36	34	2	36
Gyökér ¹	12	10	10	11	2	11
Gyökér ²	7	7	6	7	2	7
Gyökér ³	11	9	9	8	2	9

¹06. 10-én, ²06. 29-én, ³07. 27-én aratáskor

14. táblázat P-ellátás hatása a légszáraz olajlen elemtartalmára, 1987

Növényi szervek	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	89	142	255	384	21	218
Ca %						
Hajtás ¹	1,19	1,35	1,50	1,60	0,11	1,41
Hajtás ²	0,86	1,00	1,11	1,17	0,09	1,04
Szár ³	0,48	0,59	0,65	0,64	0,05	0,59
Tok ³	1,40	1,74	1,85	1,98	0,13	1,74
Mag ³	0,15	0,17	0,21	,26	0,04	0,20
Gyökér ¹	0,66	0,71	0,88	1,07	0,10	0,83
Gyökér ²	0,49	0,51	0,57	0,68	0,04	0,56
Gyökér ³	0,50	0,54	0,57	0,64	0,04	0,56
Mg %						
Hajtás ¹	0,33	0,41	0,44	0,50	0,04	0,42
Hajtás ²	0,22	0,27	0,32	0,32	0,03	0,28
Szár ³	0,09	0,12	0,12	0,12	0,01	0,11
Tok ³	0,16	0,21	0,23	0,26	0,02	0,21
Mag ³	0,23	0,26	0,26	0,36	0,03	0,28
Gyökér ¹	0,22	0,25	0,30	0,35	0,04	0,28
Gyökér ²	0,20	0,22	0,22	0,25	0,02	0,22
Gyökér ³	0,18	0,20	0,20	0,22	0,03	0,20
P %						
Hajtás ¹	0,27	0,38	0,46	0,53	0,04	0,41
Hajtás ²	0,19	0,30	0,38	0,41	0,03	0,32
Szár ³	0,05	0,06	0,08	0,10	0,01	0,07
Tok ³	0,10	0,17	0,25	0,33	0,03	0,21
Mag ³	0,50	0,55	0,62	0,68	0,04	0,59
Gyökér ¹	0,13	0,16	0,19	0,26	0,03	0,18
Gyökér ²	0,09	0,11	0,12	0,15	0,01	0,12
Gyökér ³	0,04	0,05	0,06	0,08	0,01	0,06

¹06. 10-én, ²06. 29-én, ³07. 27-én aratáskor

Megjegyzés: az optimális, termésmaximumokhoz kötődő N=2,5-3,5 %, K=1,5-2,5 %, P=0,25-0,35 %, ill. 8-12 N/P, 6-10 K/P és 1-2 N/K arány a hajtásban 06. 10-én

Amennyiben a levéldiagnosztikai optimumokat tekintjük, a június 10-én virágzás előtt vett hajtásban a 2,5-3,5 % N, 0,30-0,45 % P, 1,5-2,5 % K koncentráció, ill. a 8-10 N/P, 6-8 K/P és 1-2 N/K körüli arány lehet a kívánatos, melyhez a termésmaximumok köthetők. Június 29-én 1,5-2,5 % N, 0,20-0,30 % P, 1,0-2,0 % K koncentráció, ill. 8-10 N/P, 6-8 K/P és 1-2 N/K arány szolgálhat iránymutatóul a növény tápláltsági állapotának megítéléséhez. Mindenesetre további kísérleti tapasztalatokra van szükség, hogy ezeket az irányszámokat biztonságosabban megíthessük.

15. táblázat K-ellátás hatása a légszár az olajlen elemtartalmára, 1987

Növényi szervek	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	140	220	361	468	24	297
	K %					
Hajtás ¹	1,70	2,39	2,59	2,67	0,14	2,34
Hajtás ²	1,08	1,54	1,62	1,75	0,08	1,56
Szár ³	0,57	0,93	1,01	1,14	0,07	0,91
Tok ³	0,92	1,22	1,28	1,33	0,06	1,18
Mag ³	0,69	0,70	0,69	0,70	0,02	0,70
Gyökér ¹	1,63	2,13	2,30	2,40	0,10	2,12
Gyökér ²	0,85	1,22	1,42	1,55	0,07	1,26
Gyökér ³	0,68	1,02	1,10	1,26	0,10	1,02
	Na %					
Hajtás ¹	0,25	0,17	0,14	0,14	0,02	0,18
Hajtás ²	0,14	0,09	0,08	0,07	0,02	0,10
Szár ³	0,08	0,06	0,05	0,04	0,01	0,06
Tok ³	0,06	0,05	0,04	0,04	0,01	0,05
Mag ³	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,03
Gyökér ¹	0,42	0,24	0,18	0,16	0,04	0,25
Gyökér ²	0,24	0,15	0,11	0,09	0,02	0,15
Gyökér ³	0,14	0,09	0,08	0,07	0,02	0,10

¹06. 10-én, ²06. 29-én, ³07. 27-én aratáskor

Megjegyzés: a Fe átlagosan a gyökérben 0,12-0,20, fiatal hajtásban 0,11-0,14, tokban 0,06, szárban és magban 0,01 % a kezelésektől függetlenül. A Cu átlagosan a hajtásban 5-7, gyökérben 5, magban 4, tokban 3, szárban 2 mg/kg légszár az anyag a kezelésektől függetlenül.

A *Bergmann (1992)* által közölt határértékeket valójában nem tudtuk ellenőrizni, mert más volt esetünkben a mintavétel módja. Nem a virágzás előtti hajtás felső 1/3-át gyűjtöttük be, hanem az egész növényt, hogy a szárazanyag-felhalmozást és az elemfelvételt is nyomon követhessük. Ennek ellenére a június 10-i mintavétel adatait összevetve *Bergmann (1992)* ajánlásával megállapítható, hogy a N és P optimumai közelállóak, az optimális K-tartalom azonban kísérletünkben 1 %-os eltérést, alacsonyabb optimumot takar.

Ami az elemek felvételét illeti, a 16. táblázatban közölt adatok szerint virágzásig átlagosan mintegy 40, zöldgubós állapotig 60 %-a épült be az aratáskor mért N-nek. Az érés idején tehát még intenzív volt az elemfelvétel, mely összesen 67-107 kg/ha közötti mennyiséget tett ki a N-kínálattól függően. A felvett K maximumát a virágzás végén mértük és 60 kg/ha beépülést jelzett a K-mal legjobban ellátott kezelésben. Aratás idején ugyanítt 44 kg/ha detektálható, tehát közel 1/3-át elveszítettük az előregedő szövetekben kimosódással, ill. a lehulló levelekkel. A K-mal közepesen ellátott kontrollon ilyen érdemi veszteség nem állt elő.

A 16. táblázatban az is látható, hogy a magtermés akkumulálta az aratáskori felvett N 79, Mg 54, P 40, K 28, a Ca 10 %-át átlagosan. A betakarított, kombájnolt magterméssel tehát elsősorban a talaj N, P és Mg elemekben szegényedik, míg a K és Ca a tábláról érdemben nem kerül el. A kísérlet átlagában

a K 36, Ca 29, a Mg 8, a P 24 kg/ha mennyiséget jelentett az összes földfeletti termésben. A K, Ca és Mg felvétele gyakorlatilag elérte maximumát a virágzás vége stádiumában, míg a P-felvétel aratásig folytatódott a N-hez hasonlóan. Az olajlen az érés folyamán, a generatív szakaszban akkumulálta a felvett P csaknem 60 %-át.

16. táblázat NPK-ellátás hatása az olajlen elemfelvételére, 1987

Növényi szervek	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha (N-szinteken)						
Hajtás ¹	25	48	48	45	6	42
Hajtás ²	41	66	66	66	8	60
Szár ³	7	10	11	9	1	9
Tok ³	6	11	14	14	3	11
Mag ³	54	83	82	84	5	76
K kg/ha (K-szinteken)						
Hajtás ¹	20	34	42	40	7	34
Hajtás ²	30	48	59	60	8	49
Szár ³	10	17	18	21	3	16
Tok ³	8	11	11	12	2	10
Mag ³	10	11	10	11	2	10
Ca kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	20	22	20	15	2	19
Hajtás ²	31	35	34	26	4	31
Szár ³	9	12	12	9	1	11
Tok ³	12	16	17	15	2	15
Mag ³	3	3	4	4	1	3
Mg kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	5,6	6,7	5,9	4,6	0,8	5,7
Hajtás ²	8,2	9,5	9,6	6,9	1,2	8,6
Szár ³	1,7	2,5	2,1	1,7	0,3	2,0
Tok ³	1,4	2,0	2,1	2,0	0,2	1,9
Mag ³	3,9	4,6	4,4	5,1	0,3	4,5
P kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	4,5	6,2	6,0	5,0	0,7	5,4
Hajtás ²	7,0	10,5	11,7	9,0	1,3	9,6
Szár ³	9,6	12,4	14,2	14,3	1,8	12,6
Tok ³	0,9	1,6	2,3	2,6	0,3	1,8
Mag ³	8,4	9,7	10,4	9,7	0,4	9,6

¹06. 10-én, ²06. 29-én, ³07. 27-én aratáskor

Az aratáskori földfeletti növénybe épült Na átlagosan 2,0 kg, Fe 0,9 kg, Mn 222 g, Zn 73 g, Cu 15 g mennyiséget jelentett. Magtermésbe épült a felvett Zn átlagosan 81, Cu 47, Na 30, Mn 17 és a Fe 10 %-a. Felvételi maximum a Mn esetében a virágzás elején, Na és Fe elemeknél a virágzás végén. A Cu esetében virágzás végén és aratáskor azonos felvételt kaptunk, míg a Zn beépülése az érés

idején is folytatódott a N és P elemekhez hasonlóan. Az adatokból az is megfigyelhető, hogy az extrém N-túlsúly már mérsékelte a Na és a Zn, az extrém P-ellátás pedig a Cu felvett mennyiségét (17. táblázat).

17. táblázat NPK-ellátás hatása az olajlen elemfelvételére, 1987

Növényi szervek	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
Na kg/ha (N-szinteken)						
Hajtás ¹	1,7	3,3	2,7	2,0	0,4	2,4
Hajtás ²	4,0	3,1	2,9	2,4	0,5	3,1
Szár ³	0,7	1,4	1,1	0,9	0,2	1,0
Tok ³	0,2	0,5	0,5	0,4	0,1	0,4
Mag ³	0,5	0,7	0,5	0,5	0,1	0,6
Fe kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	1,6	1,7	1,8	2,2	0,6	1,8
Hajtás ²	3,5	4,1	3,7	2,6	0,9	3,4
Szár ³	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Tok ³	0,4	0,6	0,6	0,6	0,1	0,6
Mag ³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mn g/ha (N-szinteken)						
Hajtás ¹	293	521	482	395	76	423
Hajtás ²	334	460	442	408	70	411
Szár ³	38	48	56	59	6	50
Tok ³	74	144	165	153	12	134
Mag ³	24	41	43	44	6	38
Zn g/ha (N-szinteken)						
Hajtás ¹	26	32	25	22	5	26
Hajtás ²	53	52	51	42	10	49
Szár ³	9	4	4	4	2	5
Tok ³	6	10	10	9	2	9
Mag ³	52	65	62	57	3	59
Cu g/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	13	10	9	7	2	10
Hajtás ²	18	16	14	10	2	15
Szár ³	6	4	5	3	2	5
Tok ³	3	3	3	2	1	3
Mag ³	7	7	7	6	1	7

¹06. 10-én, ²06. 29-én, ³07. 27-én aratáskor

Az 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés szár és tok fajlagos elemtartalma a kísérlet átlagában az alábbi értékeket mutatta: 59 kg N, 22 kg K (26 kg K₂O), 18 kg Ca (25 kg CaO), 5 kg Mg (8 kg MgO), 14 kg P (32 kg P₂O₅); 1,2 kg Na; 0,5 kg Fe, 135 g Mn, 45 g Zn, 9 g Cu. A szár+tok/magtermés aránya átlagosan 1,63; a szár+tok+gyökér/mag aránya pedig 1,93 volt. Az összes légszáraz földfeletti hozam 4,32 t/ha, a gyökérrel együtt becsült biomassza aratáskor 4,80 t/ha mennyiséget tett ki.

A hazai újabbkori szaktanácsadásban 40-13-50-18-3=N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t fajlagost ad meg Antal (1987). Saját kísérletünkben 59-32-26-25-8= N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t fajlagost nyertünk. Az egyezés nem kielégítő. Mivel kevés kísérletről tudósít az irodalom, további vizsgálatok indokoltak. A sokat vizsgált növényeinknél (mint a búza, kukorica) a szaktanácsadásnak ajánlott fajlagosok stabilaknak bizonyultak és jól egyeztek a kísérleti adatainkkal e termőhelyen. Jelen esetben a N-nél 48 %-os, P-nál 146 %-os, Ca-nál 39 %-os, a Mg-nál 167 %-os eltérést, többletet mutatnak, míg a K-nál 48 %-kal alacsonyabb értéket jeleznek.

Összefoglalás

1. Ezen a K-mal közepesen, P-ral gyengén ellátott termőhelyen a P és K műtrágyázás érdemi terméstöbbleteket nem eredményezett. Optimális N-adagnak a 100 kg/ha/év N trágyázás bizonyult. A 140-150 mg/kg ammonlaktát (AL) oldható P₂O₅ ellátottság, ill. 100 kg/ha/év N trágyázás felett, az együttes NP-túlsúlyos kezelésekben 3 %-kal csökkent az olajtartalom, 25-30 %-kal a magtermés és 30-40 %-kal az olajhozam.
2. A magtermés 1,2-2,0 t/ha, olaj 38-41 %, olajhozam 453-789 kg/ha minimális (NP-túltrágyázás) és maximális értékeket mutatott a kezeléstől függően. A mag olajában átlagosan 3,8 % sztearinsav; 6,6 % palmitinsav; 13,2 % linolsav; 21,4 % olajsav és 54,9 % linolensav képződött. A P-ellátás növelte, a N-trágyázás igazolhatóan mérsékelte a linolsav mennyiségét. Ellentétes irányú, de hasonló mértékű 4 % körüli változás állt be az olajsavtartalomban, azaz módosult a meghatározó linolensav/olajsav aránya. Igazolhatóan 10 %-kal csökkent a linolsav mennyisége is az NP-túlsúlyos magban.
3. Az NP-túltrágyázás 10-12 %-kal növelte a hulladék, ill. csökkentette a tiszta anyag mennyiségét a magtermésben. A csírázott magban 4-5 %-kal igazolhatóan mérséklődött az ép csírák, ill. hasonló mértékben emelkedett a ki nem kelt rothadt csírák mennyisége.
4. Az extrém NP-túlsúlyos parcellákon nagyságrenddel nőtt a gyomborítottság és 20-30-szorosára emelkedett a gyomok hajtásába épült makroelemek tömege. A K 2-60 kg, N 2-34 kg, Ca 2-40 kg, Mg 0,3-6,8 kg; P 0,2-4,3 kg/ha mennyiséget tett ki. Gyomok érdemi konkurensei lehetnek az olajlenni a talaj felvehető tápelemkészletének hasznosításában is.
5. A virágzás előtt vett hajtásban a 2,5-3,5 % N; 0,30-0,45 % P; 1,5-2,5 % K koncentráció, ill. 8-10 N/P, 6-8 K/P és 1-2 N/K körüli arány lehet kívánatos, melyhez a termés, ill. olajhozam maximumai kötődtek. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.
6. A földfeletti betakarított termésbe aratáskor maximálisan 107 kg N, 44 kg K (53 kg K₂O), 31 kg Ca, 9 kg Mg, 27 kg P (62 kg P₂O₅), 1-2 kg Na, 900 g Fe, 264 g Mn, 79 g Zn és 16 g Cu épült be. A fajlagos, azaz 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés szár és tok elemigénye az alábbi volt a kísérlet átlagában: 59 kg N, 32 kg P₂O₅, 26 kg K₂O, 25 kg CaO, 8 kg MgO; 1,2 kg Na; 0,5 kg Fe, 135 g Mn, 45 g Zn, 9 g Cu. A szár + tok/magtermés aránya 1,63; a szár + tok + gyökér/mag aránya 1,93 volt átlagosan.

5. Műtrágyázás hatása a szójára (*Glycine max. L. Merr.*) 1988

5.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Mint ismeretes, *Haberlandt Frigyes* Magyaróváron már az 1870-es években foglalkozott a szója hasznosításával és nagy jövőt jósolt e növénynek. A jóslat beigazolódott, bár nem hazai viszonylatban. Vetésterülete megközelítette a 70 millió ha-t és a világ 5. legfontosabb kultúrájává vált a búza, rizs, kukorica és az árpa után. Termelése az USA-ban és világméreteken 1950-2000. között megtízszereződött. A világtermelés mintegy felét az USA adja, meghatározva ezzel a piaci viszonyokat is. Magja átlag kb. 40 % fehérjét és 20 % olajat tartalmaz, tehát alapvető növényi fehérje- és olajforrás. Termesztésének és felhasználásának egyes kérdéseit a közelmúltban itthon *Kurnik és Szabó (1987)*, *Bódis és Kralovánszky (1988)*, ill. *Turi (1998)* taglalta.

A szója környezetével szemben igényes, különösen a virágzás és magkötés idején. Ekkor a vízigény a június, július, augusztus hónapokban havonta 150-200 mm körüli egyenletes eloszlásban, mert a vízfelhasználás *Walter és Samuel (1980)* szerint a 4-8 mm/nap mennyiséget is elérheti. Az 1 kg szárazanyag képződéséhez szükséges fajlagos vízszükséglet igen nagy, 600-700 liter, mely pl. a köles fajlagos vízigényének kétszerese. Ezért is fontos a megfelelő ásványi táplálás, mely a vízfogyasztást képes jelentősen mérsékelni. A szójatermesztés hazai előretörését a csapadék, ill. az öntözés hiánya gátolja.

Csírázástól az első virágok megjelenéséig mintegy 2 hónap telik el, amikor is kedvező esetben már teljes talajfedettséget és viszonylagos gyommentességet biztosíthat az 50 cm körüli sortávolságnál. Rövidnappalos lévén júliusban virágzik, amikor a nappalok rövidülni kezdenek. Ez már a kritikus szakasz, mert a víz- és tápelemhiányt nehezen viseli, csökken a képződő magvak száma és tömege. Ha lerövidül a szemtelítődési időszak, nem jut elég idő a tápanyagok felvételére és a magba való vándorlására. Amennyiben viszont a korai vegetációs szakasz körülményei kedvezőtlenek, a hajtás kevésbé fejlődik és kevés tápelemet akumulálhat a generatív szervek számra.

Megfelelő talajon a szója képes mély gyökérzetet fejleszteni és így a talaj vízkészletét jól hasznosíthatja. A gyökerek tömege azonban a felső 0-40 cm rétegben található és a gyökérsűrűség viszonylag csekély, kb. 1/5-e a kukorica gyökérsűrűségének *Barber (1966)* közlése szerint. Éppen ezért fontos a folyamatos vízellátás és a megfelelő tápelemkínálat. Gyökerek a csírázást követő 2. hét után fertőződnek a *Rhizobium japonicum* baktériummal. Ha a talaj steril, az oltás eredményes lehet és a szója N-trágyát kevésbé igényel, ill. a talajt N-ben gazdagítja.

Terméspotenciálját tekintve az USA kedvező csapadékellátottságú középnagyati régiójában *Flannery (1982)* öntözés nélkül 6,9 t/ha, öntözve 550 ezer/ha állománysűrűségnél 7,3 t/ha magtermést említ. Az összes aratáskori szárazanyag hozama elérheti a 15-18 t/ha mennyiséget. USA-ban a kukorica váltónövénye a szója. Kedvező viszonyok között nálunk is stabilabb és magas színvonalú gabonatermesztést tehet lehetővé. Az ökonómiai, főként talán az ökológiai előnyök számottevővé válhatnak a környezetkímélő trágyázás, energiatakarékos talajművelés, vetésforgóhatás, javuló talajszerkezet nyomán.

Hazánkban az átlagtermés 1,5-2,5 t/ha, a vetésterület 10-30 ezer ha között ingadozott az utóbbi évtizedekben.

A növény fény- és hőigénye, különösen az ország DK-i tájain kielégíthető. Öntözés nélkül viszont a vízhiány állandó problémát jelent. A szója trágyaigénye a hazai kísérletekben mérsékeltnak mutatkozott. Így pl. *Izsáki (1997, 1998)* réti csernozjom talajon műtrágyázási tartamkísérletben 1,3-2,2 t/ha magterméseket ért el 1993-95. években, érdemi trágyahatások nélkül. Száraz években öntözés nélkül a 80 kg/ha/év N-adag, ill. a 130-150 mg/kg AL-P₂O₅ feletti NP-ellátottságnál már depresszió jelentkezett. Három éven át folytatott öntözött liziméteres kísérleteinkben, homokos vályog barna erdőtalajon a magtermés átszámítva 1,8-5,4 t/ha között változott az évek és a N-trágyázás függvényében. Maximális terméseket a 150 kg/ha/év adagnál kaptunk (*Márton et al. 1990, Kádár és Márton 1999*).

5.2. Anyag és módszer

A kísérlet 15. évében 1988-ban *Imola* fajtájú szóját termesztettünk. A vetés május 2-án történt 130 kg/ha vetőmaggal 48 x 3 cm sor x tőtávolságra és 4-6 cm mélységben. Állománybonítást, magasságmérést és növénymintavételezést a tenyészidő során több ízben végeztünk parcellánként. A növényeket gyökeresen kinyűttük, mértük a minták friss és légszáraz tömegét, majd meghatároztuk az egyes növényi szervek főbb makro- és mikroelemeinek koncentrációját. Átlagmintákat 20-20 db véletlenszerűen vett növényi egyed szolgáltatott.

Szárbainduláskori mintavétel alapján megállapítottuk a gyökereken képződött gümők számát is parcellánként. Magtelítődéskor vizsgáltuk a gyomosodási viszonyokat mint a borítotttsági %, gyomfajok száma, m²-enkénti gyomtömeg. A gyomminták elemzésére szintén sor került, hogy megítélhessük a gyomok tápelemforgalmát és összevethessük a szója elemfelvételével. Magtermés olajtartalmát és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriuma, aminosav összetételét az Állatorvostudományi Egyetem Takarmányozástani Tanszéke, antinutritív tartalmát a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet laboratóriuma, vetőmagértékét a Vetőmagtermeltető és Értékesítő Vállalat Minőségellenőrzési Osztálya állapította meg.

Talajvizsgálatokra két ízben került sor. Vetés előtt tavasszal a 0-20, 20-40, 40-60 cm rétegek NO₃-N készletét, aratás után ősszel a 0-20 cm réteg AL-oldható PK, valamint a NaHCO₃-oldható P koncentrációt határoztuk meg. Átlagmintákat a parcellánként vett 20-20 pontminta (botfúró) egyesítésével nyertük. Az MTA Növényvédelmi Kutató Intézetéből *Vörös József* és *Szilágyi Judit* végezte el a kórtani felvételezéseket kelés után, virágzásban, éréskor.

Száraz tavaszon a kelés elhúzódott és az aszályos forró nyár sem kedvezett a szója fejlődésének. A növények alacsonyak maradtak és még a virágzás idején vagy azt követően sem következett be a sorok záródása. Mindez elősegítette a gyomosodást. Előnyös volt viszont a némileg csapadékosabb augusztus és a hűvösebb szeptember a hüvelytelítődés számára. Az érés október végéig kitolódott. Megemlítjük, hogy méréseink szerint július folyamán a talaj hasznos vízkészlete drasztikusan lecsökkent, különösen az NP-kezelésekben. Augusztus 8-án a talaj 0-80 cm rétegében már a kezeléstől függetlenül alig volt felvehető víz. Az ezt követő

esőzések nyomán, szeptember elejére a 0-50 cm felső talajréteg ismét többé-kevésbé feltöltődött.

Ami a csapadékadatokat illeti, az alábbiakra utalunk. Az elővetemény olajlen után, 1987. augusztus-december között összesen 234 mm, 1988. január-áprilisban 4 hónap alatt 174 mm eső hullott. Elméletileg tehát a talaj 408 mm csapadékot tárolhatott. A vetést követően a szója májusban 11, júniusban 70, júliusban 30, augusztusban 97, szeptemberben 57 mm esőt kapott. Az érés október végéig elhúzódott, de az októberi későn jött csapadékot a leszáradó szója már nem tudta hasznosítani. A tenyészidő alatt 265 mm vízpótlás történt az ideális 400-600 mm helyett.

5.3. Termés, minőség, gyomboritottság, betegség ellenállóság

A kísérlet 15 éve alatt jól elkülönülő NPK-ellátottsági szintek jöttek létre a talajban. A N 0-4500, a P₂O₅ 0-3000, a K₂O 0-6000 kg/ha eltéréseket mutatott az összes felhasznált hatóanyagokat tekintve. Mindez jól tükröződött a szántott réteg oldható PK-készletén, mely 4-5-szörösére emelkedett. Korábbi vizsgálataink szerint a NO₃-N mennyisége szintén többszörösére nőtt a 0-1 m talajrétegben, éspedig 62 kg/ha-ról 455 kg/ha-ra (Kádár *et al.* 2001). Az alkalmazott műtrágyázási és a talaj oldható elemtartalmának adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat Alkalmazott műtrágyázás és a talaj oldható elemtartalma

Műtrágyázás, talajmintavétel*	Műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/15 év	0	1500	3000	4500	-	2250
P ₂ O ₅ kg/ha/15 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O kg/ha/15 év	0	2000	4000	6000	-	3000
NO ₃ -N kg/ha vetés előtt (N-szinteken)						
0-20 cm	27	39	42	46	4	41
20-40 cm	38	43	45	50	6	43
40-60 cm	30	38	47	69	8	46
0-60 cm	106	120	134	165	14	130
AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg (P-szinteken)						
0-20 cm	85	154	246	363		
NaHCO ₃ -oldható P ₂ O ₅ mg/kg (P-szinteken)						
0-20 cm	23	41	72	103	7	60
AL-oldható K ₂ O mg/kg (K-szinteken)						
0-20 cm	136	267	442	606	30	363

*Megjegyzés: NO₃-N műtrágyázás előtt tavasszal, AL-PK és NaHCO₃-P aratás után ősszel

A Giessen-i Egyetem Talajtani Tanszéke gyökérökológiai méréseket kezdeményezett a kísérletben, hogy a tápanyagkinálat és a gyökerezettség összefüggéseit megismerjük. Hét kiválasztott kezelésben 1 m hosszú x 0,6 m széles x 1 m mély szelvényt tártak fel 3-3 ismétlésben a sorokra merőlegesen. A

megtisztított szelvényfalon 5x5 cm rácsonként kimosták és mérték a gyökerek hosszát *Böhm (1976)* módszere szerint. Meghatározták a gyökérsűrűséget cm/cm^3 talajban, ill. a gyökérhosszuságot km/m^2 talajfelületre számítva. A felvételezés június elején kezdődött és szeptember elejével fejeződött be, 5 időpontot foglalva magában: június és július eleje, július második fele, augusztus és szeptember eleje (*Keck 1989*).

A szója főgyökeret és oldal irányban sok mellégyökeret fejleszt búza vagy cukorrépa formát alkotva. A felső 5 cm gyorsan kiszáradó talajban a gyökerezettség mérsékelt, az összes gyökér 8 %-a található. Az ezt követő 5-10 cm talajban viszont a gyökerek csaknem 1/3-a. A 0-25 cm szántott réteg képviseli a növényi gyökérzet több mint 80 %-át június második felében, ill. július elején a virágzás előtti időben. Az eketalp 25-30 cm rétegben és alatta a gyökérzettség hirtelen lecsökken. A víz felvételében azonban ez a gyökérzet is fontos szerepet játszik és a növény túléléséhez aszályos időben hozzájárul (2. táblázat).

2. táblázat NPK ellátás hatása a szója gyökerezettségére, 1988

Szelvény mélysége,cm	NPK ellátás hatása a szója gyökerezettségére, 1988				Átlagosan	
	Június 13 N0P0K0	Június 15 N3P3K3	Július 1 N0P0K2	Július 2 N3P3K2	cm/cm^3	%
Gyökérsűrűség cm/cm^3 talajban						
- 0.5	0,39	0,32	0,41	0,11	0,31	08,1
-10	1,44	1,06	1,37	0,65	1,13	29,4
-15	0,76	0,67	0,95	0,71	0,77	20,0
-20	0,54	0,40	0,64	0,37	0,49	12,8
-25	0,38	0,35	0,78	0,28	0,45	11,7
-28	0,13	0,20	0,41	0,09	0,21	5,5
-30	0,12	0,12	0,25	0,04	0,13	3,4
-35	0,11	0,10	0,18	0,10	0,12	3,1
-40	0,08	0,05	0,13	0,06	0,08	2,1
-45	0,01	0,05	0,17	0,03	0,06	1,6
-50	-	0,03	0,11	0,02	0,04	1,0
-55	-	0,01	0,06	0,02	0,02	0,5
-60	-	-	0,04	0,02	0,02	0,05
-65	-	-	0,03	0,02	0,01	0,03
Átlag	0,28	0,24	0,41	0,18	0,27	100,0

Az adatokból az is kiolvasható, hogy június 13-án 45 cm, július elején 65 cm mélységre hatolt a gyökérzet. Az NP-trágyázott talajon kevesebb gyökeret fejleszt a növény, részben mert a tápanyagbőség fedezi szükségleteit kisebb talajtérfogatban is, ill. az extrém NP-túlsúly már redukálja a gyökerek terjeszkedését és depresszív hatású mind a föld feletti, mind a föld alatti szervekre. A tápelemek döntően diffúzió és tömegáram útján jutnak a gyökerekhez, ezért fontos azok vertikális és horizontális elhelyezkedése. Sűrű, megújuló gyökérzet rövidíti az elemtranszportot és gyorsítja a felvételt, hiszen a gyökér közvetlen környezetében a talajoldat tápelemekben állandóan elszegényedik.

A 3. táblázatban közölt eredmények szerint július elején, virágzás kezdetén az NP-kontroll kezelésben az összes gyökérhossz km/m^2 talajfelületre vetítve a 0-28 cm-es szántott rétegben 2,29, a 29-45 cm-ben 0,36, a 46-100 cm rétegben 0,13, a feltárt 1 m-ben 2,79 km. A N-nel és P-ral túltrágyázott talajban a gyökérhossz a szántott rétegben felére, míg az altalajban 1/3-ára vagy 1/4-ére csökken. 70-80 cm alatt gyökér már nem volt kimutatható. Hasonló mértékben szűkült a gyökérhossz/hajtástömeg sz.a. aránya, mely a 002 kezelésben 21900 km/t szárazanyagot, míg a 332 kezelésben 8100 km/t sz.a. értéket képviselt. Később, a generatív fejlődési szakaszban ezek a különbségek elmosódtak a kezelések között és érdemben a gyökerezettség sem változott.

3. táblázat NPK ellátás és a szója gyökerezettsége virágzás kezdetén 1988

Kezelés NPK	Feltárt talajszelelvény mélysége cm-ben				Gyökérhossz/hajtástömeg 1000 km/t sz.a.
	0-28	29-45	46-100	0-100	
	Összes gyökérhossz km/m^2 talajfelületre				
002	2,29	0,36	0,13	2,79	21,9
	Változások %-ban				
002	100	100	100	100	100
022	95	96	187	99	72
032	65	54	40	62	59
302	67	33	72	63	59
322	57	35	73	55	45
332	48	32	25	45	37

Megjegyzés: 70-80 cm alatt gyökér már nem mutatható ki. Egy ha-ra számítva 27900 km gyökérháló volt a NP-kontroll talajban.

A gyökérszörökbe hatoló baktériumok a gazdanövényen gyökérgümöket fejlesztenek. Mivel korábban e területen szóját nem termesztettünk, oltás nélkül gümők egyáltalán nem fejlődtek a kontroll területen. Amint a 4. táblázatban megfigyelhető, a N-kötő baktériumok (*Rhizobium* fajok) akkor szaporodnak el igazán, ha a talaj felvehető N-ben szegény. Növényi gyökerek a talaj ásványi N-készletét hasznosítják elsősorban és ilyenkor a gümőképződés gyenge, ill. a légköri N-gyűjtés csökken. Mivel a talaj humuszos, N-szolgáltatása trágyázás nélkül sem elhanyagolható, a gümők száma mérsékelt maradt. A kontroll talajon 4, míg az NP-túlsúlyos kezeléseknél szárbainduláskor növényenként átlagosan 2 gümőt találtunk (Kádár 1992).

Mivel az együttes NP-túltrágyázás gátolta a szója fejlődését és a talaj fedetlen maradt, nőtt a gyomok tömege. Virágzás végén augusztus 15-én a kontroll talajon 0,6 t/ha, míg az NP-túlsúlyos kezelésben 2,5 t/ha légszáraz hajtás képződött. Döntően a P-kínálat serkentette a gyomosodást. Szeptember 13-án végzett bonitálásunk szerint a N-hiányos parcellák növényei már lombjukat hullatták és leszáradó állomány képét mutatták. A N-nel túltrágyázott parcellák állománya viszont zöldellt, az érés elhúzódott. A legkisebb magtermést nem a 15 éve trágyázatlan kontroll talajon, hanem az extrém NP-trágyázotton kaptuk. Az 1,9-

2,0 t/ha körüli maximális magterméseket már az N1P0, ill. N1P1 kezelésben elértük, míg az N3P3 kezelésben a termés 1,4 t/ha alá süllyedt (4. táblázat).

4. táblázat NxP ellátás hatása a szójára és a gyomosodásra, 1988

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
Gümök száma db/20 növény 06. 27-én						
0	76	53	76	64		67
100	48	54	44	46	22	48
200	41	44	40	46		43
300	50	40	29	39		40
Átlag	54	48	47	49	11	50
Légszáraz gyomtömeg t/ha 08. 15-én						
0	0,6	1,6	1,7	1,5		1,4
100	1,0	1,2	1,6	1,7	0,7	1,4
200	0,7	1,7	2,0	2,1		1,6
300	1,3	1,3	2,3	2,5		1,9
Átlag	0,9	1,4	1,9	2,0	0,3	1,6
Bonitálás elszáradásra (1=száradó, 5=zöld) 09. 13-án						
0	1,4	1,5	1,5	1,2		1,4
100	2,2	3,2	2,9	2,6	0,8	2,8
200	3,8	4,5	4,0	3,5		4,0
300	3,8	4,8	4,6	4,0		4,3
Átlag	2,8	3,5	3,3	4,0	0,4	3,1
Légszáraz magtermés t/ha 10. 25-én						
0	1,67	1,62	1,55	1,52		1,59
100	1,92	1,95	1,46	1,44	0,24	1,70
200	1,97	1,95	1,51	1,36		1,70
300	2,05	1,88	1,44	1,38		1,69
Átlag	1,90	1,85	1,49	1,43	0,12	1,67

Megjegyzés: Oltás nélkül gümök nem fejlődtek. Gyomok légszárazanyag-tartalma átlagosan 30 %

Megemlítjük, hogy a késői N-hatások kifejlődéséhez az augusztusi csapadék is hozzájárult. Ekkor még tovább nőtt a lomb tömege és a növények magassága, elérve az 50-60 cm-t. Ismeretes, hogy a szójánál a vegetatív és a generatív fejlődési stádium nem válik el olyan élesen, mint pl. a kalászos gabonáknál. A virágzás, sőt az elhúzódo hüvelytelítődés idején is javulhat a vegetatív részek állapota, amennyiben kedvező körülmények jönnek létre.

Gyomfelvételezés részletes adatait az 5. táblázatban tanulmányozhatjuk a meghatározó P-ellátottság függvényében. A szója virágzás végén 78 %-ban borította a talajt a kontroll, ill. 56 %-ban a P-túlsúlyos kezelésben. A gyomok ugyanitt 5, ill. 21 %-ot képviseltek. Drasztikusan, 5-9-szeresére nőtt a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajok térhódítása, melyek képesek hasznosítani az extrém tápláltsági szituációt, mint nagytetű kétszikű gyomok. Némileg emelkedett

a gyomfajok átlagos száma is a P-túlsúly indukálta szója-depresszió nyomán. Mindez kézi gyomirtást is szükségessé tett a kísérletben.

5. táblázat P ellátás hatása a növényborítottságra és a gyomosodásra 1988. 08. 09.

Növényborítottság, ill. gyomfajszám		AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
		85	154	246	363	27	212
Szója	%	78	77	60	56	7	68
Gyomok	%	5	9	17	21	6	13
Összesen	%	83	86	77	77	6	81
CHEN ALB	%	0,8	2,1	6,6	7,3	3,7	4,2
AMA BLI	%	1,3	3,9	5,1	6,6	3,7	4,3
RES LUT	%	0,9	1,2	2,3	2,3	1,1	1,7
AMA RET	%	0,3	0,4	1,2	2,0	1,1	1,0
AMA ALB	%	0,0	0,1	0,8	1,2	1,0	0,6
Gyomfajok száma átlagosan	db	4,0	4,7	4,8	4,8	0,7	4,6

Ami a kórtani felvételezést illeti, kelés után csíranövény-pusztulás vagy kelési hiány nem volt tapasztalható. Virágzáskor július 14-én a szója peronoszpóra (*Peronospora manshurica*) a levelek 70-75 %-án megtalálható volt, néhány mm átmérőjű klorotikus foltokat okozva az egész kísérletben. Augusztus 1-jére a foltok részben elszáradtak, a fertőzés visszaszorult az igen száraz és forró időjárás nyomán. Szeptember 1-jén a N-hiányos leszáradó növények szártövén és gyökérzetén megjelent a *Macrophomina phaseolina* polifág parazita gomba.

Mivel a fertőzöttség mértéke vizuálisan szántóföldön nem állapítható meg szabatosan, parcellánként 25-25 tövet a laboratóriumba vittünk, hogy az értékelést a kórokozóra jellemző mikroszklerociumok alapján végezzük el. Köztudott, hogy ez a gomba az aszály következtében kényszerérett növényeken képez szaporítóképleteket, mikroszklerociumokat. A tápanyagokkal bőségesen ellátott NPK parcellákon a növények még betakarításkor is részben zöldek maradtak, míg a tápelemhiányosak, elsősorban a N-nélküliek elszáradtak. Ez esetben a tápláltság (ok) által indukált késői érés (okozat) eredményezte a növények *Macrophomina*-val szembeni ellenállóságát (következmény).

A *Macrophomina* fellépésének gyakoriságát elsősorban a N-trágyázás csökkentette, szintenként csaknem felezte, de a P és K befolyása sem volt elhanyagolható. Közölni szükséges ezért a 3-tényezős kísérlet mind a 64 kezelésének eredményeit. A 6. táblázat adatai szerint az abszolút kontroll 000 parcellán a fertőzés 100 %-os volt, míg a 333 NPK-túltáplálással alig fordult elő, 5 % körülire zuhant. Mivel a *Macrophomina* elleni kémiai védekezés a gyakorlatban nem megoldott, a táplálás irányításával megkísérelhetjük a növény fogékonyságát megváltoztatni. Természetesen amennyiben ennek nem termésveszteség, túlzott ökonómiai vagy ökológiai kockázat az ára. Élettanilag ugyanis elkerülhető a kényszerérés aszályos években a bőséges tápanyagkínálattal.

6. táblázat NxPxK ellátás és a *Macrophomina phaseolina* fertőzöttség 1988. 10. 25.

N és P szint	K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
Az összes tő %-ában						
N0P0	100	56	62	60		70
N1P0	34	40	20	32		32
N2P0	10	18	22	10		15
N3P0	18	8	20	12		15
N0P1	94	46	38	70		62
N1P1	42	34	24	36		34
N2P1	16	10	8	10		11
N3P1	16	8	18	4		12
					32	
N0P2	54	72	56	86		67
N1P2	32	48	16	12		27
N2P2	14	12	20	4		13
N3P2	6	0	6	2		4
N0P3	82	74	42	42		60
N1P3	44	20	14	20		25
N2P3	14	12	10	12		12
N3P3	6	2	6	4		5
P-kezelések átlagában						
N0	83	62	50	65		65
N1	38	36	19	25	16	29
N2	14	13	15	9		13
N3	12	5	13	6		9
N-kezelések átlagában						
P0	41	31	31	29		33
P1	42	25	22	30	16	30
P2	27	33	25	26		28
P3	37	27	18	20		25
Átlag	36	29	24	26	8	29

Öntözött liziméteres N-trágyázási kísérletünkben azt találtuk, hogy a növényenkénti virágok száma az évtől és a kezeléstől függően 24-36, az improduktív virágok száma 5-16, hüvelyek száma 11-25 között változott. Mind a N hiánya, mind a N túlsúlya növelte az improduktív virágok számát, ill. mérsékelte a hüvelyszám/növény mutatót. A N-trágyázással 15-30 %-kal csökkent a hüvelyenkénti magszám, viszont a növényenkénti magvak száma 15-65 %-kal, az 1000-mag tömege 10-20 %-kal emelkedett. Évek átlagában a magszám db/hüvely 1,8-2,4, a magszám db/növény 31-40, az 1000-mag tömege 147-231 g között alakult (Márton és Kádár 1998).

A 7. táblázatban bemutatott terméselemeket vizsgálva megállapítható, hogy a növényenkénti hüvelyek és magvak száma, valamint az 1000-mag tömege is alacsony értéket jelzett ebben az aszályos évben. Az NP-túlsúly a kontrollhoz képest mintegy 40 %-kal még tovább mérsékelte a növényenkénti hüvelyek és

magvak számát. Az 1000-mag tömegét a P-ellátás nem befolyásolta, míg a N-trágyázás igazolhatóan javította. A növényenkénti maghozamot a P-túlsúly közel 1/3-ával mérsékelte. A hüvelyenkénti magszám átlagosan 2,2 volt és érdemben nem változott a kezelések függvényében.

7. táblázat NxP ellátás és a szója terméselemeinek alakulása aratáskor 1988. 10. 25.

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
	Hüvelyek száma db/növény					
0	15	12	13	13		13
100	13	13	13	10	2	12
200	14	13	11	9		12
300	13	12	9	9		11
Átlag	14	13	11	10	1	12
	Magok száma db/növény					
0	33	31	29	28		30
100	27	27	26	21	6	25
200	30	28	20	20		24
300	30	26	21	19		24
Átlag	30	28	24	22	3	26
	1000-mag tömege, g					
0	107	103	104	102		104
100	122	126	124	122	6	124
200	131	136	133	133		134
300	135	140	138	136		137
Átlag	124	126	125	123	3	125
	Mag tömege g/növény					
Átlag	3,7	3,5	3,0	2,7	0,3	3,2

Megjegyzés: Parcellánként 20-20 növény vizsgálata alapján. A kísérlet átlagában kapott 2,2 mag/hüvely mutató a trágyázás nyomán érdemben nem változott.

A táplálásnak már a fejlődés kezdeti stádiumaiban döntő hatása lehet a későbbi termésképzésre, a produktív szárok (elágazások) számának kialakulására. Ha hiány vagy túlsúly lép fel, csökkenhet a kifejlett vagy kialakuló hüvelyek száma, melyet a későbbi megfelelő táplálással sem módosíthatunk. Virágzástól az érésig tartó generatív szakasz körülményeit tükrözi az 1000-mag tömege. Esetünkben relatíve kedvezőbb időt jelentett ez a periódus, így N hatására nőtt az 1000-mag tömege, mely ellensúlyozhatta a növényenkénti hüvelyszám és magszám általi N-depressziót. A termés végső soron mint kumulatív terméselemek eredője, a növény fejlődésének végtermékét tükrözi. A terméselemek vizsgálata viszont megmutatja, hogy a trágyázás az egyes fejlődési fázisokban hogyan hatott, pl. az időjárás függvényében.

A hajtás fejlődését mind a N, mind a P extrém túlsúlya már a szárbaindulás idején, fiatal korban gátolta. Ez a gátlás a virágzáskor is megfigyelhető, ill. az aratáskori átlagos növénymagasság is tükrözi. A szója összes légszáranyag hozama gyökérrel együtt mindössze 3,1-4,6 t/ha között ingadozott a kezelésektől

függően. A gyökér nélküli betakarítható tömeg 3,67 t/ha volt a kísérlet átlagában, melyből 46 %-ot a mag, 23 %-ot a hüvely és 31 %-ot a szár tett ki. A gyökerek tömege elhanyagolható mennyiséget tett ki, az összes szárazanyaghozamnak átlagosan kevesebb mint 5 %-át. A P-trágyázás 24 %-os csökkenést eredményezett az összes szárazanyaghozamban, míg a N-ellátás hatása e mutatóban nem volt igazolható (8. táblázat).

8. táblázat N és P ellátás és a szója légszárazanyag-hozama és magassága, 1988

Vizsgált jellemző, ill. mért adat	N-trágyázási szintek kg/ha/év N				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Hajtás ¹ t/ha	1,40	1,52	1,42	1,30	0,11	1,41
Hajtás ² t/ha	3,02	3,30	3,25	3,00	0,20	3,15
Növénymagasság ³ cm	53	53	52	48	3	52
Mag ³ t/ha	1,59	1,70	1,70	1,69	0,12	1,67
Hüvely ³ t/ha	0,90	0,79	0,84	0,82	0,08	0,84
Szár ³ t/ha	1,08	1,16	1,22	1,20	0,12	1,16
Gyökér ³ t/ha	0,14	0,16	0,17	0,16	0,02	0,16
Összesen ³ t/ha	3,71	3,81	3,93	3,84	0,26	3,83
Vizsgált jellemző, ill. mért adat	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
Hajtás ¹ t/ha	1,31	1,50	1,40	1,32	0,11	1,41
Hajtás ² t/ha	3,18	3,22	3,18	3,05	0,20	3,15
Növénymagasság ³ cm	53	55	52	47	3	52
Mag ³ t/ha	1,90	1,85	1,49	1,43	0,12	1,67
Hüvely ³ t/ha	0,98	0,87	0,76	0,74	0,08	0,84
Szár ³ t/ha	1,29	1,30	1,10	0,98	0,12	1,16
Gyökér ³ t/ha	0,17	0,16	0,15	0,14	0,02	0,16
Összesen ³ t/ha	4,33	4,18	3,50	3,29	0,26	3,83

¹06. 27-én szárbainduláskor; ²07. 25-én virágzásban 30 %; ³10. 25-én aratáskor.

Összefoglalás

1. Virágzás kezdetén a szója gyökérzete 65-70 cm mélyre hatolt a talajban. Átlagosan és kerekén a gyökérzet 8 %-át találtuk a gyorsan kiszáradó 0-5 cm, 49 %-át az 5-15 cm, 25 %-át a 15-25 cm mélységben, azaz összesen 80 %-át a szántott rétegben. Gyökérsűrűség maximuma az 5-10 cm rétegben 1,13 cm/cm³ minimuma a 60-70 cm rétegben 0,01 cm/cm³ talajértéket mutatott.
2. Az 1 m² talajfelületre számított gyökérrendszer hossza 2,79 km-t, az 1 t légszáraz hajtás képzéséhez szükséges gyökérhossz kerekén 22 ezer km-t tett ki az NP-kontroll talajon. Az NP-túltrágyázás nyomán a gyökérrendszer kiterjedése felére vagy harmadára csökkent.
3. Oltás nélküli kontroll talajon a gyökereken gümők nem képződtek. A növényenkénti gümőszám az oltott talajon 3,2-ről 2,0-re mérséklődött.

Maximális 2 t/ha körüli magterméseket a 100 kg/ha/év N-adagú, ill. a 100-150 mg/kg ammonlaktát (AL) oldható P₂O₅ és K₂O ellátottságú kezelések adták. Az extrém NP-túltrágyázás 20-30 %-os termésnövekedést okozott ebben a száraz évben, amikor a tenyészidő folyamán összesen 265 mm csapadék hullott. K-trágyázás a termést érdemben nem befolyásolta.

4. Az NP-túltrágyázással a gyomborítottság 5-ről 21 %-ra, a szója borítottság 78 %-ról 56 %-ra változott. A gyomok légszáraz hajtása augusztus 15-én az NP-túlsúlyos talajon 4-szeresére nőtt a kontrollhoz viszonyítva és elérte a 2,5 t/ha tömeget, döntően a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajok térhódítása miatt.
5. A *Macrophomina phaseolina* fertőzés aratáskor 100 %-os volt a trágyázatlan talajon fejlődött és elszáradt állományban, míg 5 % alá esett a maximális NPK táplálással, ahol az állomány részben még zöld maradt. A túltáplálás (ok) által indukált késői érés (okozat) eredményezte a *Macrophomina*-val szembeni ellenállóképességét (következmény), mivel kényszerítésre élettanilag még száraz évben sem kerülhetett sor.
6. Az NP-túlsúly mintegy a felére mérsékelte a növényenkénti hüvelyek és magvak számát, míg a N-trágyázással 37 %-kal javult az 1000-magtömeg. Az aratáskori összes légszáraz földfeletti biomassza csupán 4,3 t/ha mennyiséget tett ki a kontroll talajon és 3,3 t/ha-ra csökkent a P-túlsúly következtében. A mag 44, szár 30, hüvely 22, gyökér 4 %-kal részesedett átlagosan a biomassza hozamából. Az NP-túltrágyázással a mag olajtartalma 23-ről 19 %-ra, az olajhozam 400 kg/ha-ról 270 kg/ha-ra, a nyersfehérje hozama 800 kg/ha-ról 560 kg/ha-ra mérséklődött a kontrollhoz viszonyítva.

5.4. A szója elemtartalma és elemfelvétele

A szója ásványi összetétele a termőhelytől, trágyázástól stb. függően változik, de optimális viszonyok között viszonylag állandó. *Ohlrogge (1968)* megállapította, hogy a növény szárazanyagának 92 %-át a C, H, O, tehát a szénhidrátok alkotóelemei teszik ki, míg a N átlagosan 4 %-ot képvisel. Ezek az elemek döntően nem a talajból, hanem a légkörből származnak. A levegő CO₂, H₂O, ill. N₂ készlete szolgál forrással. Nem képződhet viszont szárazanyag, ill. nem fejlődhet a növényzet, amennyiben a maradék 4 %-ot kitevő makro- és mikroelemek hiányoznak a talajból. Továbbiakban a N-nel és a talajból származó hamualkotó elemekkel foglalkozunk, melyek a természet során a vízzel együtt minimum-tényezőket jelenthetnek.

Hanson (1977) és *Ohlrogge et al. (1968)* szerint az aratáskori 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemkészlete 90 kg N, 16-20 kg P₂O₅, 37-41 kg K₂O, 8-22 kg Ca (11-31 kg CaO), 5-10 kg Mg (8-17 kg MgO). A szerzők hektáronként 4 t mag + 8-9 t melléktermést értek el az USA-ban. Franciaországban *Fauconnier (1986)* 3,5 t/ha magtermésnél az alábbi fajlagosokat közli: 71 kg N, 26 kg P₂O₅, 33 kg K₂O. A hazai szaktanácsadásban ajánlott fajlagosok (*MÉM NAK 1979, Antal 1987*): 62 kg N, 37 kg P₂O₅, 51 kg K₂O, 42 kg CaO, 9 kg MgO. Az ajánlások főként korábbi, nem hazai kísérletes vizsgálatokon alapultak. Tekintsük át az újabb hazai tapasztalatokat.

Izsáki (1997) ha-onkénti 1,3 t mag + 0,7 t hüvely + 2,4 t leveles szártermés esetén a trágyázási kezelésektől függően 76-109 kg N, 11-21 kg P₂O₅, 51-74 kg K₂O,

34-52 kg CaO, 22-35 kg MgO, 2-4 kg Na, 442-1500 g Fe, 82-190 g Mn, 47-76 g Zn és 9-19 g Cu fajlagos mutatókat állapított meg trágyázási tartamkísérletében réti csernozjom talajon, a száraz 1993. évben. Ideális körülmények között, öntözött liziméteres kísérletekben *Kádár és Márton (1999)* Raman-féle vályog talajon az alábbi fajlagos értékeket közölték: 49 kg N, 30 kg P₂O₅, 47 kg K₂O, 26 kg CaO és 22 kg MgO. Amennyiben az aratáskor lehullott lombtermés elemkészletét is figyelembe vették, az 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos készlete 84 kg N, 41 kg P₂O₅, 66 kg K₂O, 77 kg CaO és 35 kg MgO értékre módosult.

Ami a magtermés minőségét illeti, *Izsáki (1998)* az 1993-1995. évek átlagában 36-42 % fehérjét, valamint 16-19 % olajat talált. Az olaj- és a fehérjetartalom között negatív kapcsolat állt fenn. A zsírsavösszetétel jellemzői: linolsav 58-61 %, olajsav 22-26 %, palmitinsav 10-12 %, linolensav 4-7 %, sztearinsav 3-4 %. Az extrém N-adagnál a linolsav aránya nőtt, míg a palmitinsav és a linolensav aránya csökkent 1995-ben. A N-túlsúly számos aminosav tartalmát is emelte a magban.

A már említett öntözött liziméteres kísérleteinkben a szójamag nyersfehérje készlete 35-40 %-ot tett ki a N-trágyázástól függően, míg a maximális hozam 1.8 t/ha-t. Mérsékeltén, 10-15 %-kal emelkedett a treonin, metionin, szerin, aszparaginsav koncentrációja is a N-ellátással. Az esszenciális aminosavak átlagosan 100 g, a nem esszenciálisak 150 g készlettel rendelkeztek 1000 g fehérjére számolva. Az összes aminosav-hozam 226-376 kg/ha között ingadozott döntően a magtermés függvényében (*Márton et al. 1990*).

A szója tápláltsági állapotának megítélésére a szárbaszökés előtti 25-30 cm magas hajtás, valamint a virágzás kezdetén vett felső, éppen kifejlett levélzet vagy hajtás elemzése elfogadott az irodalomban. Ekkor a hajtás, ill. a lomb összetétele viszonylag állandó és jól tükrözi az ellátottsági viszonyokat. Korábbi irodalmi adatok és saját elemzéseink szerint ezek az ellátottsági határkoncentrációk az alábbiak lehetnek az optimálisan táplált szója levelében, ill. fiatal hajtásában virágzás elején (*Kádár és Márton 1999*): N 4,0-5,0 %, K 1,7-2,5 %, Ca 0,4-2,0 %, Mg 0,25-1,0 %, P 0,25-0,50 %, Fe 50-350 mg/kg, Mn 20-100 mg/kg, B és Zn 20-50 mg/kg, Cu 10-30 mg/kg, Mo 1-5 mg/kg szárazanyagban.

A N-trágyázással minden növényi szervben nőtt a N koncentrációja. Amint az *9. táblázatban* látható, N-ben leggazdagabb a magtermés, ezt követi a fiatal hajtás. A mag nyersfehérje készlete az NP-kontroll talajon 34, míg az NP-túlsúlyos kezelésben 41 %-ot tett ki. A nyersfehérje-hozam maximumát, 800 kg/ha körüli mennyiséget a mérsékelt N1P1 kezeléseknél érte el. Mind az NP-hiányos, mind az NP-túlsúlyos parcellákon a nyersfehérje hozama 560 kg/ha körüli értékre, azaz 1/3-ával csökkent.

A N-bőség általában mérsékeltelte a Fe beépülését a növénybe. Legtöbb Fe az aratáskori melléktermésben, valamint a fiatal gyökérben és a gyomok hajtásában halmozódott fel. A Mn tartalma enyhén emelkedett a szója vegetatív részeiben, fő akkumulációs szerve a fiatal hajtás. Mérsékeltén a Cu készlete is nőtt a szója vegetatív tömegében, míg a magtermés és a gyom hajtása a N hatására igazolható csökkenést jelzett. A mag bizonyult a legdúsabbnak ebben az elemben, a gyomok hajtása pedig a legszegényebbnek (*9. táblázat*).

9. táblázat N-ellátás hatása a szója légszáraz növényi szerveinek összetételére, 1988

Növényi rész, ill. szervek	N-trágyázási szintek kg/ha/év N				SzD _{5%}	Átlag 150
	0	100	200	300		
N %						
Hajtás ¹	2,80	3,19	3,46	3,63	0,13	3,27
Gyökér ¹	1,00	1,20	1,40	1,60	0,20	1,30
Hajtás ²	2,23	2,75	3,12	3,25	0,09	2,84
Hajtás ³	2,32	2,49	2,54	2,54	0,15	2,47
Szár+hüvely ⁴	0,76	1,01	1,25	1,33	0,09	1,09
Mag ⁴	5,51	6,12	6,34	6,36	0,12	6,08
Fe mg/kg						
Hajtás ¹	468	455	420	431	38	443
Gyökér ¹	617	545	581	533	46	571
Hajtás ²	260	238	249	231	32	245
Hajtás ³	583	522	560	494	105	540
Szár+hüvely ⁴	980	900	920	880	67	920
Mag ⁴	125	125	115	111	29	119
Mn mg/kg						
Hajtás ¹	114	128	142	142	9	132
Gyökér ¹	43	56	64	60	8	56
Hajtás ²	82	88	99	108	7	94
Hajtás ³	84	84	89	87	12	86
Szár+hüvely ⁴	53	54	56	60	5	56
Mag ⁴	30	30	29	30	3	30
Cu mg/kg						
Hajtás ¹	6,7	6,9	6,8	7,2	0,4	6,9
Gyökér ¹	6,2	6,5	6,6	6,9	0,6	6,6
Hajtás ²	4,8	4,9	5,1	5,2	0,3	5,0
Hajtás ³	3,2	2,9	2,8	2,3	0,5	2,8
Szár+hüvely ⁴	3,8	3,9	4,1	4,2	0,2	4,0
Mag ⁴	10,4	9,8	9,9	9,7	0,3	9,9

¹06. 27-én szárbainduláskor; ²07. 25-én virágzáskor; ³08. 15-én gyomok hajtása;

⁴10. 25-én aratáskor.

A talaj javuló P-kínálata némileg emelte a szója Ca-asszimilációját, legalábbis a vegetatív stádiumában, a virágzásig. A gyomok hajtása és az aratáskori szója ezt a serkentő hatást már nem igazolta. Részben hasonló a helyzet a Mg esetében. Ca-ban leggazdagabb a hajtás, főként a gyomok hajtása. Szegény viszont a mag és részben a fiatal gyökér. Ez a szegénység persze relatív, hiszen pl. a gabonamagvak egy nagyságrenddel kevesebb Ca-ot tartalmaznak, mint az itt tárgyalt szójamag. Mg-ban való gazdagságával a gyomok hajtása tűnik ki, egyébként a koncentráció a növényi szervekben kiegyensúlyozottabb (10. táblázat).

A vegetatív szervek P-koncentrációja átlagosan megkétszereződött a talaj emelkedő P-kínálatával. Éréskor a P a magba vándorol és a szár, ill. a hüvely P-készlete kiürül, különösen a P-hiányos kezelésben. A magtermés ezért a leggazdagabb, a melléktermés viszont legszegényebb P-ban. A P-Zn ionantagonizmus eredményeképpen a Zn felvétele gátolt a P-ral túltrágyázott

talajon. Magtermés tekinthető a fő akkumulációs szervnek, a gyökérben és a szárban koncentrációja 10 mg/kg értékre, vagy az alá csökkent (10. táblázat).

10. táblázat P-ellátás és a szója légszáraz növényi szerveinek összetétele, 1988

Növényi rész, ill. szervek	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
	Ca %					
Hajtás ¹	1,90	2,00	2,04	2,09	0,07	2,01
Gyökér ¹	0,62	0,67	0,70	0,70	0,04	0,67
Hajtás ²	1,85	2,09	2,19	2,19	0,09	2,08
Hajtás ³	2,58	2,33	2,32	2,30	0,26	2,38
Szár+hüvely ⁴	1,51	1,61	1,63	1,62	0,11	1,59
Mag ⁴	0,39	0,38	0,40	0,37	0,03	0,38
	Mg %					
Hajtás ¹	0,48	0,54	0,53	0,53	0,03	0,52
Gyökér ¹	0,40	0,42	0,46	0,47	0,03	0,44
Hajtás ²	0,46	0,55	0,55	0,57	0,03	0,54
Hajtás ³	0,78	0,83	0,90	0,79	0,09	0,82
Szár+hüvely ⁴	0,53	0,58	0,57	0,61	0,03	0,57
Mag ⁴	0,23	0,24	0,25	0,25	0,02	0,24
	P %					
Hajtás ¹	0,24	0,33	0,42	0,49	0,02	0,37
Gyökér ¹	0,17	0,26	0,36	0,36	0,04	0,29
Hajtás ²	0,13	0,23	0,32	0,39	0,02	0,27
Hajtás ³	0,17	0,18	0,22	0,24	0,02	0,20
Szár+hüvely ⁴	0,08	0,13	0,18	0,23	0,02	0,15
Mag ⁴	0,46	0,57	0,62	0,63	0,02	0,57
	Zn mg/kg					
Hajtás ¹	27	18	17	14	3	19
Gyökér ¹	10	8	7	7	2	8
Hajtás ²	20	13	12	13	2	15
Hajtás ³	16	14	14	12	2	14
Szár+hüvely ⁴	13	10	10	10	2	11
Mag ⁴	33	24	21	20	2	25

¹06. 27-én szárbainduláskor; ²07. 25-én virágzáskor; ³08. 15-én gyomok hajtása; ⁴10. 25-én aratáskor

Ezen a Zn-kel gyengén ellátott talajon a P-túlsúly terméscsökkenéshez vezetett az indukált Zn-hiány miatt. A P/Zn aránya az optimális, P-kontroll talajon mért 100 körüli értékről 350-re tágult a fiatal, szárbainduláskori hajtásban a P-túltrágyázás nyomán, a gyökérben pedig 170-ről 514-re. Még a genetikailag állandóbb összetételű magtermés is jól jükrözi a P és Zn elemek között létrejött aránytalanságot. A P-kontroll parcellákon a P/Zn aránya, azaz a P-nak Zn-hez viszonyított túlsúlya az élettani optimumhoz közelálló, 140 körüli, míg a depressziót okozó P-túlsúlyos parcellákon 300 feletti (10. táblázat).

A K-kínálat a termést nem növelte, azonban a szója vegetatív részeinek K-tartalmát luxusfelvételt indukálva megkétszerezte. Kiugró a gyomok átlagos, 3,42

%-ot elérő K-készlete. A mag K-koncentrációja szintén nem elhanyagolható, átlagosan 4-szerese a gabonamagvaknak, mely elsősorban az olajsztézzel és a fehérjeképződéssel kapcsolatos. A kationok közötti antagonizmus nyilvánul meg abban, hogy a K-túlsúly eredményeképpen a vegetatív szervekben a Ca, Mg és Na akkumulációja érdemben mérséklődik. A magtermésben ez a jelenség már nem jelentkezik (11. táblázat).

11. táblázat K-ellátás és a szója légszár az növényi szerveinek összetétele, 1988

Növényi rész, ill. szervek	Al-oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	136	267	442	606	30	363
	K %					
Hajtás ¹	1,20	2,42	2,60	2,77	0,11	2,25
Gyökér ¹	0,79	1,40	1,49	1,60	0,18	1,36
Hajtás ²	1,05	1,92	2,22	2,27	0,07	1,86
Hajtás ³	2,64	3,25	3,90	3,90	0,27	3,42
Szár+hüvely ⁴	0,63	0,99	1,16	1,20	0,05	1,00
Mag ⁴	1,78	1,84	1,90	1,89	0,04	1,85
	Ca %					
Hajtás ¹	2,28	1,96	1,90	1,89	0,07	2,01
Gyökér ¹	0,80	0,72	0,68	0,62	0,06	0,70
Hajtás ²	2,17	2,08	2,04	2,04	0,09	2,08
Hajtás ³	2,54	2,40	2,30	2,30	0,16	2,38
Szár+hüvely ⁴	1,67	1,59	1,63	1,49	0,11	1,59
Mag ⁴	0,38	0,37	0,39	0,37	0,03	0,38
	Mg %					
Hajtás ¹	0,78	0,48	0,43	0,40	0,03	0,52
Gyökér ¹	0,56	0,43	0,41	0,40	0,04	0,44
Hajtás ²	0,71	0,48	0,47	0,48	0,03	0,54
Hajtás ³	0,92	0,81	0,78	0,78	0,09	0,82
Szár+hüvely ⁴	0,64	0,57	0,55	0,53	0,03	0,57
Mag ⁴	0,23	0,24	0,25	0,24	0,02	0,24
	Na mg/kg					
Hajtás ¹	67	62	61	62	7	63
Gyökér ¹	210	126	128	121	23	142
Hajtás ²	50	48	48	46	4	48
Hajtás ³	108	96	95	89	14	97
Szár+hüvely ⁴	94	92	91	89	4	91
Mag ⁴	12	12	13	13	2	13

¹06. 27-én szárbainduláskor; ²07. 25-én virágzáskor; ³08. 15-én gyomok hajtása; ⁴10. 25-én aratáskor.

Vizsgáljuk meg, hogy mennyi tápelem épülhet be a szójába ilyen száraz évben, amikor az alábbi légszár azanyag-hozamok képződtek átlagosan (kerekítve): hajtás szárbainduláskor 1,4 t virágzáskor 3,2 t, aratáskor mag 1,7 t, hüvely 0,8 t, szár 1,2 t, azaz összes betakarított hozam 3,7 t/ha. A 12. táblázatban közölt adatok szerint szárbainduláskor a hajtás átlagosan 40-50 kg, virágzásban 70-100 kg,

aratáskor a melléktermés 15-27 kg, magtermés 88-108 kg, összesen 103-134 kg/ha N-felvételt mutatott a N-trágyázás függvényében. A felvett N mintegy 80 %-át a magban találjuk. A K felvételét különösen fiatal korban, ill. a vegetatív szervekben serkentette a talaj javuló K-kínálata. Aratáskor a melléktermés átlagosan mindössze 20 kg/ha K-ot akkumulált, míg a magtermés 31 kg-ot.

12. táblázat NPK ellátás hatása a szója elemfelvételére, 1988

Növényi rész, ill. szervek	NPK ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha (N-szinteken)						
Hajtás ¹	39	48	49	47	4	46
Hajtás ²	67	91	101	98	8	89
Szár+hüvely ³	15	20	26	27	2	22
Mag ³	88	104	108	107	7	102
Összesen ³	103	124	134	134	8	124
K kg/ha (K-szinteken)						
Hajtás ¹	17	34	37	39	4	32
Hajtás ²	33	60	70	72	7	42
Szár+hüvely ³	13	20	23	24	3	20
Mag ³	30	31	32	32	2	31
Összesen ³	43	51	55	56	5	51
Ca kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	25	30	28	28	3	28
Hajtás ²	59	67	70	67	6	66
Szár+hüvely ³	34	35	30	28	3	32
Mag ³	7	7	6	5	1	6
Összesen ³	41	42	36	33	3	38
Mg kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	6,3	8,1	7,4	7,0	0,6	7,2
Hajtás ²	12,7	13,5	14,6	14,3	0,9	13,8
Szár+hüvely ³	12,0	12,6	10,6	10,5	0,8	11,4
Mag ³	4,4	4,4	3,7	3,6	0,4	4,0
Összesen ³	16,4	17,0	14,3	14,1	0,9	15,4
P kg/ha (P-szinteken)						
Hajtás ¹	3,1	5,0	5,9	6,5	0,5	5,1
Hajtás ²	4,1	7,4	10,2	11,9	0,9	8,4
Szár+hüvely ³	1,8	2,8	3,3	4,0	0,4	3,0
Mag ³	8,7	10,5	9,2	9,0	0,8	9,4
Összesen ³	10,5	13,3	12,5	13,0	0,8	12,4

¹06. 27-én szárbainduláskor; ²07. 25-én virágzáskor; ³10. 25-én aratáskor.

A tenyésződő során felvett K egy jelentős része visszakerült a talajba a lehulló lombbal, valamint kimosódhatott az előregedő növényi szövetekből a csapadékos periódusban. A lomb gazdag Ca-ban, ezért az akkumuláció maximumát a virágzás mutatja 60-70 kg/ha értékben. Aratás idejére 33-42 kg/ha-ra csökken a beépült Ca mennyisége, melynek 80-85 %-át a melléktermésben találjuk (12. táblázat). A Mg közel 3/4-e aratáskor a melléktermésben azonosítható, a felvétel maximumát a

betakarítás mutatja. Csökkenő terméssel érskor a beépült Mg mennyisége is mérséklődik a P-túltrágyázás nyomán. A P luxusfelvétele ellensúlyozza a termésben a P-depressziót, így a P-hozam emelkedik a P-trágyázással. Az aratás idejére beépült P 3/4-ét a magtermés halmozta fel ((12. táblázat).

13. táblázat A szója átlagos mikroelem-felvétele 1988-ban, g/ha

Növényi rész, ill. szervek	Fe	Na	Mn	Zn	Cu
Hajtás ¹	625	89	186	27	10
Hajtás ²	772	151	296	47	16
Szár+hüvely ³	1840	182	112	22	8
Mag ³	199	22	50	42	17
Összesen ³	2039	204	162	64	25

Index 1, 2, 3 (Lásd: 11. táblázat)

Ami a mikroelemek felvételét illeti, a Fe aratáskor összesen és a kísérlet átlagában kereken 2 kg, Na 204 g, Mn 162 g, Zn 64 g, Cu 25 g mennyiséget jelzett ha-onként. A mag akkumulálta a felvett Fe 10, Na 11, Mn 31, Zn 66 és a Cu 68 %-át. Megemlítjük, hogy a beépült Zn mennyisége felére mérséklődött a P-túltrágyázással (13. táblázat).

A fajlagos, azaz az 1 t mag és a hozzá tartozó betakarított melléktermés elemtartalma 65-80 kg N, 29-40 kg K₂O (26-34 kg K), 13-21 kg P₂O₅ (6-9 kg P), 31-34 kg CaO (22-24 kg Ca), 13-17 kg MgO (8-10 kg Mg), 1-1,2 kg Fe, 120-130 g Na, 80-100 g Mn, 25-50 g Zn, 14-15 g Cu mennyiséget mutatott. A hazai szaktanácsadásban ajánlott átlagos fajlagos 62 kg N és a 9 kg MgO elfogadhatónak minősül, míg a 42 kg CaO 30 %-os, az 51 kg K₂O 70 %-os, a 37 kg P₂O₅ 118 %-os túltrágyázásra ösztönözhet hasonló talajokon, ezért felülvizsgálatuk indokolt.

14. táblázat NPK-ellátottsági szintek hatása a gyomok elemfelvételére 1988. 08. 15.

Elem jele	Mértékegység	NPK ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Kísérlet átlagában
		000	111	222	333		
K	kg/ha	17	52	119	130	28	53
N	kg/ha	16	34	68	90	18	38
Ca	kg/ha	14	34	61	71	16	36
Mg	kg/ha	4	17	20	28	9	13
P	kg/ha	1	2	5	7	2	3
Fe	g/ha	260	440	890	1009	390	810
Na	g/ha	60	110	185	247	74	151
Mn	g/ha	36	143	200	250	87	131
Zn	g/ha	9	21	38	42	13	21
Cu	g/ha	2	4	7	7	2	4

A gyomok elemfelvételét a növekvő NPK ellátottsági szintek függvényében tanulmányozhatjuk a 14. táblázatban. Az extrém túltrágyázás eredményeképpen a szója borítottsága és termése csökkent, a gyomok tömege többszörösére nőtt. Mindez tükröződik a gyomhajtásba épült elemek ugrásszerűen növekvő

mennyiségén, a túltrágyázás viszonyai között. A nagytestű kétszikű gyomok, döntően a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajok, nagyságrendileg hasonló elemforgalmat jeleztek az extrém tápelemdús talajon, mint a szója. Sőt, a K-Ca-Mg kationok beépülése a gyomok hajtásába meghaladta a szója felvételét aratás idején.

15. táblázat NxP hatása a szójajag olajtartalmára és zsírsavösszetételére, 1988

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
	Olaj %					
0	23,2	23,0	23,4	23,0		23,1
100	21,6	20,9	20,6	20,5	0,6	20,9
200	20,9	19,6	19,8	19,8		20,0
300	20,4	19,7	19,4	19,4		19,7
Átlag	21,5	20,8	20,8	20,7	0,3	20,9
	Sztearinsav (C18) %					
0	4,2	4,5	4,6	4,6		4,5
100	4,7	5,0	5,3	5,3	0,3	5,1
200	4,6	5,0	5,3	5,5		5,1
300	4,7	5,1	5,3	5,6		5,2
Átlag	4,5	4,9	5,2	5,2	0,2	5,0
	Linolensav (C18:3) %					
0	6,2	6,4	6,5	6,5		6,4
100	6,1	6,7	6,9	7,0	0,4	6,6
200	6,4	7,4	7,2	7,1		7,0
300	6,5	7,2	7,0	7,2		7,0
Átlag	6,3	6,9	6,9	7,0	0,2	6,8
	Olajsav (C18:1) %					
0	28,3	28,5	28,8	28,6		28,5
100	27,9	27,8	28,2	28,2	0,8	28,0
200	27,0	26,5	27,4	28,3		27,3
300	26,9	26,8	28,2	27,8		27,5
Átlag	27,5	27,4	28,2	28,2	0,4	27,8
	Linolsav (C18:2) %					
Átlag	50,7	49,6	48,6	48,4	0,4	49,3

Egyéb savak átlagosan: C16 9,6 %; C20 0,5 %; C20:1 0,3 %; C22 0,6 %;

Olajtartalmat az együttes NP-túlsúly 23 %-ról 19 %-re, közel 4 %-kal mérsékelte. Döntő volt a N-trágyázás szerepe. A kísérlet átlagában 21 % olajkészlettel rendelkezett a szója magja. Változott a zsírsavak egymáshoz viszonyított mennyisége is az NP-trágyázással: a sztearinsav és a linolensav nőtt, míg az olajsav és a linolsav inkább csökkent. Az olaj kereken 49 %-át a linolsav, 28 %-át az olajsav, 10 %-át a palmitinsav, 7 %-át a linolensav, 5 %-át a sztearinsav alkotta. Egyéb zsírsavak mennyisége jelentéktelen maradt (15. táblázat). Olajhozam az NP-túlsúlyos kezelésben 270 kg/ha, míg a P-kontroll talajon 400

kg/ha körül. A nyersfehérje hozama NP-túlsúlyos kezelésben 560 kg/ha, P-kontroll talajon 800 kg/ha körül.

A szójamag-fehérje aminosav készlete átlagosan és kerekítve az alábbi összetételt mutatta: glutaminsav 3,1, asparagin 2,1, arginin 1,9, lizin 1,7, leucin 1,4, valin 1,1, glicin és szerin 1,0, izoleucin, fenil-alanin és alanin 0,9, treonin 0,8, hisztidin 0,5, tirozin 0,3, metionin és triptofan 0,2 %. Megállapítható, hogy az aminosavak készlete átlagosan 170 g/kg fehérjében, azaz 17 % körüli. Az összes aminosav mennyisége a N-hiányos talajon kereken 150, a 300 kg/ha/év N-adagú kezelésben 200 g/kg fehérje értéket mutatott, azaz 1/3-ával emelkedett (16. táblázat).

A szójamag mint láttuk ásványi elemekben gazdag. Az esszenciális elemek egy része azonban az ún. antinutritív anyagokhoz kötődik és nem hasznosul a szervezetben, nem szívódik fel vagy igen rosszul emészthető. Ilyen antinutritív anyag a fitinsav, mely a különböző kationokkal oldhatatlan sókat képez. Igen stabil a Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Ca, Fe elemekkel képzett komplexe. Ezek a fitátok a P-anyagcsere végtermékei és a P-tárolói.

16. táblázat N-ellátás hatása a szójamag aminosav-összetételére, 1988

Aminosavak megnevezése	N-trágyázás kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	g/kg fehérjében					
Glutaminsav	27,9	31,1	33,1	31,1	3,3	30,8
Asparagin	18,3	21,2	19,8	23,6	3,1	20,7
Arginin	12,6	19,4	20,4	22,2	2,3	18,6
Lizin	14,6	18,3	17,0	18,5	1,9	17,1
Leucin	12,0	14,5	14,3	14,7	1,4	13,9
Valin	9,4	11,4	11,6	11,8	0,9	11,0
Glicin	8,7	10,6	10,2	11,2	1,7	10,2
Szerin	9,0	10,4	10,6	10,6	1,3	10,1
Izoleucin	8,1	9,3	9,7	9,8	0,7	9,2
Fenil-alanin	7,4	9,7	9,6	9,8	0,7	9,1
Alanin	7,8	8,8	9,4	9,5	0,6	8,9
Treonin	6,7	7,5	7,8	8,1	0,6	7,5
Hisztidin	4,6	5,3	5,3	5,7	0,9	5,2
Tirozin	2,6	3,0	3,4	4,0	1,3	3,2
Metionin	1,9	2,1	2,3	2,1	0,4	2,1
Triptofan	1,8	2,1	2,2	2,3	0,4	2,1

A 17. táblázatban közölt vizsgálatok szerint a N-trágyázás tendenciájában mérsékelte, míg a P-trágyázás 30-50 %-kal növelte a szójamag fitintartalmát. A P-ral túltrágyázott talajon a N-bőség is fitintartalmat növelő tényezővé vált és mennyisége elérte az 1,7 %-ot az együttes NP-túlsúly nyomán. Mindez az NP-túltrágyázás minőségrontó szerepére utal.

17. táblázat NxP ellátás hatása a szójmag fitinsav-tartalmára, 1988

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
Légszáranyag %-ában						
0	1,05	1,63	1,65	1,39		1,43
100	1,24	1,34	1,42	1,19	0,30	1,24
200	1,02	1,32	1,40	1,22		1,24
300	0,86	0,88	1,65	1,71		1,27
Átlag	1,04	1,29	1,53	1,38	0,15	1,24

Megjegyzés: Raffinóz 16-21, stachioz 65-71, szacharoz 79-90, tripszin-inhibitor 740-810 mg/kg átlagosan

A megtermett magtermés vetőmag értékét vizsgálva azt találtuk, hogy mind a N, mind a P túlsúlyával csökkent a tisztaanyag, ill. nőtt a hulladék aránya. A N és P azonban ezen túlmenően ellentétes hatást gyakorolt a csírázóképessegre. A N-trágyázás visszaszorította a kikelt majd elpusztult beteg csírák, ill. a ki sem kelt rothadt csírák mennyiségét, növelve ezzel az ép csírák %-át. A P-túlsúly és hasonlóan a K túlsúlya viszont a csírázóképesseget igazolhatóan rontotta (18. táblázat).

18. táblázat PxK ellátás hatása a szójmag csírázóképessegre, 1988

AL-K ₂ O mg/kg	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
Ép csíra %-a						
136	73	70	61	64		67
267	58	56	57	52	18	56
442	57	53	53	49		53
606	61	52	50	44		52
Átlag	62	58	55	52	9	57
Beteg csíra %-a						
136	22	23	25	28		25
267	27	33	28	30	9	29
442	25	33	29	30		29
606	26	28	30	35		31
Átlag	25	29	29	30	5	28
Rothadt csíra %-a						
136	5	7	13	7		8
267	14	11	14	18	16	14
442	18	13	16	19		17
606	12	20	18	20		18
Átlag	12	13	16	16	8	14

Megjegyzés: A N-trágyázás átlagosan 12 %-kal növelte az ép, ill. 3 %-kal csökkentette a beteg, és 9 %-kal a rothadt csírák arányát.

Összefoglalás

1. N-trágyázás növelte a szója szerveinek N-készletét, valamint a vegetatív részek Mn és Cu tartalmát. A Fe koncentrációját viszont általában mérsékelte. A P-kínálattal látványosan emelkedett a P, valamint csökkent a Zn koncentrációja. A vegetatív részek Ca és Mg készlete általában szintén emelkedett. A K-kínálattal nagyobb K %, ill. a kationantagonizmus következtében kisebb Ca, Mg és Na tartalom járt együtt.
2. Az 1 t mag és a hozzá tartozó melléktermés (fajlagos) elemigénye 65-80 kg N, 29-41 kg K₂O, 13-21 kg P₂O₅, 31-34 kg CaO, 13-17 kg MgO, 1-1,2 kg Fe, 80-100 g Mn, 25-50 g Zn, 14-15 g Cu volt. A hazai szaktanácsadásban ajánlott 62 kg N és 9 kg MgO elfogadhatónak minősül, míg a 42 kg CaO 30 %-os, 51 kg K₂O 70 %-os, 37 kg P₂O₅ 118 %-os túltrágyázásra ösztönözhet hasonló körülmények között.
3. Az extrém NP-túlsúlyos kezeléseknél a szója termése, borítottsága lecsökkent ebben a száraz évben és a gyomok hasonló mértékű elemfelvétellel bírtak mint a szója. Sőt a K, Ca, Mg akkumulációja a gyomok hajtásában meghaladta a szója aratáskori felvételét.
4. A mag olajtartalma 23 %-ról 19 %-ra, a ha-onkénti olajhozam 400 kg-ról 270 kg-ra, a nyersfehérje hozama 800 kg-ról 560 kg-ra esett vissza az NP-túlsúly nyomán. Az olaj 49 %-át linolsav, 28 %-át olajsav, 10 %-át palmitinsav, 7 %-át linolensav, 5 %-át sztearinsav alkotta. Az NP-trágyázás nyomán nőtt a sztearin- és linolensav, valamint csökkent az olajsav és linolsav mennyisége.
5. A N-kínálat a magtermésben minden vizsgált aminosav koncentrációját igazolhatóan növelte. A N-kontroll parcellákon az összes aminosavkészlet 150 g/kg, a maximális N-adagnál kerekén 200 g/kg fehérje értéket kaptunk. A N-ellátás javulására kiugróan reagált az arginin, melynek mennyisége csaknem megkétszereződött a kontrollhoz képest. Az antinutritív anyagként számon tartott fitinsav 1 % körüli értékről 1,5-1,7 %-ra emelkedett az extrém NP-trágyázással.
6. A termett mag csírázókéességét a P és K kínálata mérsékelte. Trágyázatlan kontrollon az ép csíra aránya 80 %-ot, a PK-túlsúly esetén 40 %-ot tett ki. A beteg csíra %-a 22-ről 35-re, a rothadt csíra %-a 5-ről 20-ra ugrott az extrém PK-kínálattal. A N-trágyázás részben ellensúlyozta a PK-depressziót, átlagosan 12 %-kal növelve az ép csírák arányát.

6. Műtrágyázás hatása a rostkenderre (*Cannabis sativa L.*) 1989

6.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A jövő fontos nyersanyagbázisává válhatnak a megújuló bio-nyersanyagok, melyek alapul szolgálhatnak a fenntartható mezőgazdasági termelés számára is. Az USA-ban és Nyugat-Európában nemzeti kutatási programok indultak a vidéki közösségek elősegítésére, melyekben a rostonövények termelése és hasznosítása jelentős szerephez jut. A rostkender virágkorát éli számos fejlett ipari országban. Olyan országok is felkarolták művelését, ahol korábban soha nem termesztették, mint pl. Anglia, Hollandia. Míg nálunk a rendszerváltást követően a szovjet export megszűnt és a kendergyárak jórészt tönkrementek, Nyugat-Európában az elmúlt években nagykapacitású kendergyárak épültek és a növény összesített vetésterülete elérte a 35-40 ezer ha-t.

A kender ma már nem kizárólagosan a textilipar nyersanyaga, hanem cellulózipari, építőipari, járműipari, kozmetikaiipari és élelmiszer növényé vált. Betegségei gyakorlatilag nincsenek, a talajt gyommentesen tartja és jól hasznosítja tápelemtőkéjét. A jobb terméssel, gyors növekedése és nagy tömegű fitomasszája révén annyi fát termelhet 1 ha-on, mint 8-10 ha fenyőerdő vagy egy közepes bükkerdő évi növedéke, de nagyobb cellulóz-tartalommal. Ökológiai szempontból a kendernek nincs versenytársa. Iparilag a nagyteljesítményű pamutfonógépeken a kenderrost textilipari célokra feldolgozható, vagy belőle ásványgyapotot helyettesítő hőszigetelő anyag készíthető. A kender sokoldalú felhasználhatóságát *Karus és Bócsa (1997)* az alábbiakban sorolja fel:

1. Kiváló minőségű papírok (cigaretta, bibliofil, bankjegy, archív) előállítására
2. Nem rákkeltő hő- és hangszigetelő panelek előállítására az építőiparnak
3. Belsőburkolatok készítése az autóiparban (10 kg rost/autó)
4. Extra könnyű pozdorjalemezek gyártására a bútoripar számára
5. Textilipari nyersanyagok előállítására a rostkikészítő ipar számára
6. Kenderkóró energiaipari célokra, magjának olaja a kozmetikai ipar számára

A pozdorja nagy abszorpciós képessége, puhasága, összetétele folytán kiválóan alkalmas lehet állati alomnak. Egyenértékű a szalmával, az állatok szívesen fogyasztják. A kender termesztésének és kutatásának hazánkban komoly hagyományai vannak. Jó termőképességű, minőségű, alacsony narkotikum-tartalmú fajtákkal rendelkezünk, melyek az ország nagyobb részén biztonságosan termesztethetők nagy szárazanyag- és rosttartalommal. A szükséges ipari háttér megújításával az alföldi táj stabil, profitképes növénye lehet a kender, kielégítve a fenntartható mezőgazdaság követelményeinek és igényeinek valamennyi kritériumát.

A kenderre vonatkozó első magyar nyelvű monográfia *Bakay (1892)* nevéhez fűződik, aki gazdag tapasztalatokkal bírt a „sokévi alapos tanulmányok, bel- és külföldi utazások, családi gazdálkodás hagyományai, illetve a szakszerű foglalkozás” nyomán, ahogyan a szerző előszavában megjegyzi. Szerinte e növény idomul a körülményekhez, könnyen nemesedik és ritkán vetve könnyen elvadul.

Termelik Grönlandon és Egyiptomban egyaránt. Tápanyagigényes, a feltalajt és az altalajt egyaránt kimeríti monokultúrában a kenderföldeken. Ezért is jó előveteménye az istállótrágyázott kapás és a pillangósok, azaz a „légenygyűjtő növények”. Meghálálja a gőzekés mélyszántást, mélyítő művelést a cukorrépához hasonlóan. Mélytrágyázást is igényelhet.

Grasseli (1893) szerint a „kenderföld olyan legyen, mint a kerti föld”. Gazdag és buja, emellett trágyázott is. Ősszel 2-3-szori szántást javasol. Megemlíti, hogy a „kenderföld mellett aludva erős főfájásunk lesz, az áztatókból pedig kipusztul a hal”. Erős szaga miatt a zöld növény alkalmas arra, hogy a házi állatainktól a férgeket, bogarakat távol tartsuk. *Sierbán (1900)* arról panaszkodik, hogy a kenderművelés csökken. „Az asszony nép nincs a fonóban és a szövőszék mellett, pedig a gyári áru csak szemre készített. Igaz, olcsó, de hamar ronggyá válik.” Véleménye szerint a kiváló olasz kender 2,5-6,0 t/ha kórót adhat és elfoglaltságot, hasznót az egyoldalú alföldi gabonagazdálkodásban. Korábban a falu közeli legjobb földeken termelték a kendert.

Jó talajon a gyökér 2 m-re is lehatol, de a hajtás tömegéhez képest gyengén fejlett. Ezért is víz- és tápelem-igényes kultúra. Szár merevítése a húzó/szakító/csavaró erők ellen a háncs részben fejlődő rostsejtek feladata, míg a függőleges tartást a fás rész végzi, mely a pozdorját adja. Aratáskor a rost a fás résztől elválik. A kóró:rost aránya 5-6:1. Az 1975-ben alakult és azóta megszűnt Szegedi Kendertermelési Rendszer a világ élvonalát jelentette 8-10 t/ha kóró-, ill. 1,5-2,0 t/ha rosttermést elérve (*Bócsa 1981, Tárkány Szűcs 1981*).

A maximális víz- és tápelemigény bimbózás ill. virágzás előtt június és július hónapokban jelentkezik az intenzív megnyúlás, vagyis a növekedés „nagy periódusa” idején. Április elején vetve május végéig lassú a növekedés, majd a virágzást követően augusztusban újra lelassul vagy leáll. Minél hosszabb és vékonyabb a kóró, annál jobb a minőség, nagyobb a rosttartalom. A 10-15 t/ha föld feletti biomassa légszáraz anyagának képződéséhez 500-700 mm csapadék, ill. vízellátás szükséges. A növénybe épült tápelemek maximumát érés kezdetén találjuk. Ezt követően a lehulló lombbal, gyökéren való kiválasztással, levelekből való kilúgzással a felvett elemek egy része visszakerül a talajba (*Láng 1976, Bócsa 1981, Tárkány Szűcs 1981*).

Itthon *Jakobey (1970)* ötszöri mintavétellel kísérte nyomon a rostkender szárazanyag-gyapapodását és elemfelvételét a tenyészidő folyamán 1958-1965. között, újszegedi kísérletében. A lehulló lombot tüllhálóval begyűjtötte. A fiatalkori fejlődési stádiumhoz viszonyítva a szár aránya 20 %-ról 70 %-ra nőtt, míg a lomb 70 %-ról 20 %-ra csökkent aratás idejére. Az összes biomasszában fiatal korban 11 %-ot képviselt a gyökérzet, melynek aránya 8 %-ra mérséklődött aratáskor. *Bredemann (1945)* németországi végzett vizsgálatai szerint a lombhullás előtti állapothoz viszonyítva a teljes érésig a növény elveszítheti (döntően a lehulló lombbal) N, P, K, Mg készletének 50-60, Ca készletének 67 %-át.

Ami az ásványi táplálás minőségre gyakorolt hatását illeti, az általánosan elfogadott újabb kori vélemény szerint a túlzott N-ellátás minőségrontó, míg a K növeli a szárszilárdságot. Mindkét elemből a növény nagy mennyiséget igényel, melyet régebben a bőséges, 30-40 t/ha érett és korán kiadott istállótrágyával próbáltak kielégíteni. Főként fiatal korban jelentkezik a P-igény, majd a P-hatások idővel mérséklődnek. A rost minőségét azonban a trágyázás látványosan nem

képes befolyásolni közvetlenül, inkább a növény növekedési görbéjére hat. Trágyázással a szármagasság akár 50-60 cm-rel nőhet (Dempey 1975, Bócsa 1981, Tárkány Szűcs 1981).

Iványi és Izsáki (1996), Iványi et al. (1997) Szarvason, mélyben karbonátos csernozjom réti talajon szabadföldi kísérletben vizsgálták a rostkender szárazanyag felhalmozását és elemfelvételét. A szántott rétegben a pH(KCl) 5,0, K_A 50, humusz 3,12 %, NO_3+NO_2-N 14 mg/kg, AL- P_2O_5 120, AL- K_2O 280 mg/kg értéket mutatott, a főbb tápelemekkel kielégítően ellátottnak minősült. A növénymintavétel átlagosan kéthetente történt, 6 alkalommal a tenyésztő folyamán 1990-1993. között, *Kompolti* fajtával. A sokirányú és alapos vizsgálatokból az alábbi következtetéseket vonták le:

Az évjárat (csapadékmennyiség), valamint a trágyázás függvényében a szárazanyag-hozam kereken 5-17 t/ha között változott. Döntőnek az évjárat hatása bizonyult. Optimálisnak e talajon általában a 80 kg/ha N-adag mutatkozott 120 mg/kg AL- P_2O_5 , ill. 300-360 mg/kg AL- K_2O ellátottság mellett. A P-hatások elmaradtak, a növény főként N- és K-igényesnek bizonyult. A N-túlsúly önrítkulást okozott. A minőségi mutatókat mint a szár vastagsága, rost %-a, torziós ellenállás, finomság, szakítóerő, komplex értékszám, a trágyázás érdemben nem módosította.

6.2. Anyag és módszer

A kísérlet 16. évében 1989-ben Bócsa Iván által nemesített *Kompolti* fajtájú rostkendert termesztettünk. A vetés április 17-én történt gabona sortávolságra 100 kg/ha vetőmaggal, 2-3 cm mélységre. Az állomány átlagos magasságát 10-14 naponkénti gyakorisággal mértük parcellánként, 7 ízben a tenyésztő folyamán. Gyomfelvételezésre, állománybonításra és növénymintavételekre is sor került. Az aratáskor vett 4-4 fm parcellánkénti mintakévek anyagát a Szegedi Kenderipari Tröszt laboratóriuma dolgozta fel és minősítette.

A nyers rostkenderkóró műszaki hosszúságát méterrúd mellett határozták meg, a kóró magasságát szárközépnél mérték. A biológiai feltárás vagy áztatás 17-18 °C-os vízben történt 238 órán át, majd az ázott kórót 2 héten át kúpokban természetes módon szárították. Ezután került sor a mechanikai feltárára, a kórót 6 hengerpáros törőgépen 5-ször engedték át, hogy egységes rostot nyerjenek. Laboratóriumban meghatározták a rosttartalmat, szakítóerőt, lehajlást, torziós ellenállást, rostfinomságot, valamint a textilipari feldolgozás komplex értékszámát.

Az MTA TAKI laboratóriumban a parcellánként vett növényi átlagmintákat (fiatalkori hajtás és levél, aratáskori lomb és nyerskóró) szárítottuk, finomra daráltuk, majd a főbb makro- és mikroelemekre vizsgáltuk meg cc. H_2SO_4 + cc. H_2O_2 feltárást követően. A Kenderipari Tröszt laboratóriumban feldolgozott és minősített tiszta rost és pozdorja minták szintén visszakerültek az MTA TAKI-ba és ásványi elemzésnek vetettük alá kezelésenként. Mindezt azért tartottuk fontosnak, mert a hazai irodalomban ilyen adatokat nem találtunk, ill. az elérhető külföldi források sem közölnek átfogó jellegű információkat.

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Az 1989. év meglehetősen száraznak bizonyult, mindössze 468 mm eső hullott. A kender 120 napos tenyészideje alatt áprilisban 72 mm, májusban 44 mm, júniusban 62 mm, júliusban 65 mm, azaz összesen 243 mm csapadékot regisztráltunk. Elővetemény szója a feltalajt kiszárította, betakarítását követően a kender vetéséig eltelt 5 hónap alatt a talaj vízkészlete azonban mintegy 150 mm-rel gazdagodott. A rostkendernek tehát elméletileg 390-400 mm vízkészlet állhatott rendelkezésére 1989-ben.

A kísérlet 16 éve alatt jól elkülönülő NPK-ellátottsági szintek jöttek létre a talajban. Így pl. az adott N 0-480, P₂O₅ 0-3000, K₂O 0-6000 kg/ha eltéréseket mutatott az összes felhasznált hatóanyagot tekintve. Mindez jól tükröződött a szántott réteg ammonlaktát (AL)-oldható PK-készletén, mely a kontrollhoz viszonyítva 4-5-szörösére nőtt. Korábbi vizsgálataink szerint a növényi felvételt meghaladó N-trágyázás nyomán a NO₃-N mennyisége is megemelkedett a talajprofilban. A felső 1 m talajréteg NO₃-N készlete pl. a N-kontroll talajon 62, míg az évente 300 kg/ha adagú kezelésben 455 kg/ha mennyiséget tett ki (Kádár *et al.* 2001). Az alkalmazott műtrágyázási szintek, valamint a talaj AL-PK tartalmának adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat Alkalmazott műtrágyázás és a talaj oldható elemkészlete

Műtrágyázás és talajmintavétel	Műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/16 év	0	1600	3200	4800	-	2400
P ₂ O ₅ kg/ha/16 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O kg/ha/16 év	0	2000	4000	6000	-	3000
AL-P ₂ O ₅ mg/kg (P-szinteken)						
0-20 cm	85	154	246	363	27	212
AL-K ₂ O mg/kg (K-szinteken)						
0-20 cm	136	267	442	606	30	363

Megjegyzés: Az AL-oldható P₂O₅ és K₂O meghatározása 1988 őszén

6.3. Termés és minőség

A vetést követően kb. 2 hét múlva a kender egyenletesen kelt, sorolt az egész kísérletben. Május végén bonitáltuk az állományt fejlettségre. A 16 éve nem trágyázott kontroll parcellákon a növények hajtása fejletlen maradt, míg az NPK trágyázás nyomán dúsabb, 20 cm helyett 40 cm magasságú állomány fejlődött. Erősen kifejezettek voltak a N és P hatásai. Mindez megnyilvánult a rostkender borítottság %-án is, mely június 8-án a kontroll talajon 74, míg a NP kezeléseknél 90 % körül alakult. Az extrém NP-túlsúlyos parcellákon viszont már csökkent a rostkender, ill. nőtt a gyom borítása. Igaz, hogy itt már a gyomfajok száma is mérséklődött (2. táblázat).

2. táblázat NxP ellátás hatása a rostkender és a gyomok fejlődésére, 1989

N kg/ha évente	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
05. 30-án rostkender bonitálás						
0	1,5	2,2	2,8	3,4		2,5
100	2,4	3,5	3,8	3,4	0,8	3,3
200	2,4	4,2	4,0	4,4		3,8
300	3,4	4,2	4,5	4,5		4,2
Átlag	2,4	3,6	3,8	3,9	0,4	3,4
06. 08-án rostkender borítottság %-a						
0	74	74	76	80		76
100	80	94	89	81	7	86
200	81	97	89	93		90
300	90	93	92	91		91
Átlag	81	89	87	86	3	86
06. 08-án gyomborítottság %-a						
0	7	10	11	8		9
100	5	3	10	13	7	8
200	6	3	10	7		7
300	3	4	8	9		6
Átlag	5	5	10	9	3	8
06. 08-án átlagos gyomfajszám db/parcella						
0	5,8	5,6	5,0	5,6		5,5
100	5,3	5,8	5,1	4,5	1,3	5,2
200	5,3	4,6	4,6	4,8		4,8
300	4,5	4,6	4,0	3,9		4,3
Átlag	5,2	5,2	4,7	4,7	0,7	4,9

Általában a gyomfajok mint az *Amaranthus retroflexus*, *Bilderdykia convolvulus*, *Reseda lutea* és a *Stachus annua* külön-külön mindössze 0,1-0,4 % borítottságot mutattak. A kender közismerten jó gyomelnyomó képességgel rendelkezik. Az NP-túltrágyázási szituációt alapvetően a nagytestű és trágyaigényes *Amaranthus blitoides* tudta hasznosítani, mely a gyomborítás mintegy 4/5-ét adta. Lehoczky (1994, 1995, 1999) irodalmi adatok és saját vizsgálatai szerint az *Amaranthus* fajok intenzív tápelemfelvétellel rendelkező növények, amit ásványi összetételük is tükröz.

Amint a 3. táblázat eredményei mutatják, mindhárom tápelem növelte a rostkender átlagos magasságát. Legkevésbé a P-trágyázás hatott, különösen a fejlődés késői szakaszában. Kifejezettebben a K-ellátás javulása serkentette a megnyúlást. Depressziót az extrém túltrágyázás sem okozott a növekedésben. Az együttes NPK trágyázás eredményeképpen a magasság 50-70 cm-rel haladta meg átlagosan a kontrollon mért értékeket.

3. táblázat NPK-ellátás hatása a rostkender átlagos magasságára, 1989

Mérés ideje Hónap,nap	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására (PK kezelések átlagai), cm						
05. 30.	29	32	32	33	3	32
06. 13.	83	98	102	102	4	96
06. 23.	123	145	149	147	5	141
07. 03.	170	187	192	189	7	184
07. 13.	210	220	222	220	6	218
07. 24.	235	249	250	249	6	246
08. 08.	264	277	276	275	7	273
P hatására (NK kezelések átlagai) cm						
05. 30.	27	32	34	33	3	32
06. 13.	79	100	102	104	4	96
06. 23.	128	144	146	145	5	141
07. 03.	175	188	188	187	7	184
07. 13.	211	220	221	220	6	218
07. 24.	238	247	251	247	6	246
08. 08.	269	275	278	271	7	273
K hatására (NP kezelések átlagai), cm						
05. 30.	27	33	32	34	3	32
06. 13.	79	101	101	104	4	96
06. 23.	120	146	147	151	5	141
07. 03.	158	192	192	196	7	184
07. 13.	200	226	224	223	6	218
07. 24.	225	251	252	255	6	246
08. 08.	255	277	279	281	7	273

Minimális-maximális értékek: 05. 30-án 21-42 cm, 06. 13-án 57-120 cm, 06. 23-án 94-164 cm, 07. 03-án 137-204 cm, 07. 13-án 180-236 cm, 07. 24-én 200-262 cm, 08. 08-án 240-300 cm a trágyázatlan kontroll és a maximális adagú NPK kezelések között.

A légszár az hajtás tömege május végén 0,6-1,0 t/ha, június 26-án kereken 4,2-7,5 t/ha között ingadozott az NP-kezelések függvényében. Ekkor még a P-hatások domináltak. Május végén, ill. részben június 26-án maximális tömeget a 246 mg/kg AL-P₂O₅ készlettel rendelkező talajon kaptunk. Aratás idejére a P-hatások lecsökkentek, optimális ellátottságnak a 150 mg/kg AL-P₂O₅ tartalom bizonyult a 100 kg/ha/év N-trágyázás, valamint a 250-300 mg/kg AL-K₂O ellátottság mellett. Statisztikailag igazolható termésnövekedést a túltrágyázás nem okozott (4. táblázat).

Megemlítjük, hogy a légszár az-anyag május 30-án átlagosan 16, június 26-án 19, aratáskor augusztus 11-én 33 %-ot tett ki. A zölden mért lombos kóró 25-41 t/ha friss tömeget adott a kezelésektől függően. A légszár az termései május végén 0,6-1,3, június 26-án 3,5-8,0, a kóró aratáskor 7,0-12, kóró+lomb 8,4-13,4 t/ha tömeget adtak a kezelésektől függvényében. Minimális terméset a trágyázatlan talajon, maximális terméset pedig az együttes N1P1K2 kezeléseknél nyertük.

4. táblázat NxP, ill. NxK ellátás és a rostkender légszárász termése aratáskor, 1989*

N kg/ha	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
évente					27	212
05. 30-án szárbaszökéskor, t/ha						
0	0,6	0,7	0,7	0,8		0,7
100	0,7	0,8	0,8	0,9	0,2	0,8
200	0,7	0,9	0,9	1,0		0,9
300	0,7	0,9	1,1	1,0		0,9
Átlag	0,7	0,8	0,9	0,9	0,1	0,8
06. 26-án 1,5-2,0 m magasságban, t/ha						
0	4,2	5,1	5,3	5,7		5,0
100	4,6	6,5	6,8	6,2	1,4	6,0
200	5,4	6,9	7,5	7,5		6,8
300	4,5	7,0	6,3	6,3		6,0
Átlag	4,6	6,5	6,5	6,4	0,7	6,0
N kg/ha	AL-oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	136	267	442	606		
évente					30	363
08. 11-én aratáskor kóró + lomb, t/ha						
0	9,2	8,9	10,7	9,2		9,5
100	9,9	11,1	11,5	11,4	1,4	11,0
200	8,8	11,4	10,8	11,6		10,7
300	9,0	11,1	12,1	11,5		10,9
Átlag	9,2	10,6	11,3	10,9	7	10,5
08. 11-én nyers kóró, t/ha						
0	7,6	7,4	8,9	7,6		7,9
100	8,2	9,2	9,5	9,5	1,2	9,1
200	7,3	9,5	9,0	9,6		8,9
300	7,5	9,2	10,0	9,5		9,0
Átlag	7,6	8,8	9,4	9,1	0,6	8,7

*Légszárász anyag 05. 30-án 16 %, 06. 26-án 19 %, 08. 11-én 33 % átlagosan.

Termés május 30-án 0,6-1,3; június 26-án 3,5-8,0; augusztus 11-én kóró 7,0-12,0, kóró+lomb 8,4-13,4 t/ha légszárász, ill. 25-41 t/ha friss tömeget adott a kezelésektől függően.

A N-trágyázás némileg mérsékelte a tőszámot önrítkulást okozva. Ugyanakkor növelte a kóró hosszúságát és vastagságát, valamint a rosttermést. A rost minőségére gyakorolt hatás nem mindig bizonyítható. A rostköteg műszeres vizsgálattal megállapított, csavarással szembeni ellenállása a torziós ellenállás. A magasabb érték jobb minőséget jelent, mert ekkor a rost könnyebben megmunkálható. Trágyázással ez a mutató nem módosult, az átlagos ellenállás 9,8 10³/T értéket mutatott (5. táblázat).

Lehajlás szintén a szabvány szerint kimért rostköteg műszeres vizsgálattal megállapított átlagos, 30 egyedi mérést tükröző mérési adata. Lehajlás függ a rostok merevségétől, a nagyobb lehajlási mutató „puhább” rostot, azaz jobb minőséget jelent. A N-trágyázással tendenciájában javult ez a jellemző, 11-ről 13

Hmm értékre. A rostfinomság fontos mutató. Előnyös a finom vékony rost, mert a rost erejét a sok vékony rost(köteg) adja. A vastag rost gyenge. A vizsgálat mérleggel összekötött szakítógépen, dinamométerrel történik. Kívánatos a nagy finomsági szám (Nm - numerus metricus).

5. táblázat NPK ellátás hatása a rostkender aratáskori tőszámára, rosttermésére és minőségére, 1989

Vizsgált tulajdonság	NPK ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására (PK átlagai)						
Tőszám db/m ²	202	182	188	190	9	190
Kóró hosszúság cm	184	215	207	211	13	204
Kóró vastagság mm	5	7	6	6	1	6
Torziós ellenállás 10 ³ /T	9,6	9,9	9,7	9,9	0,5	9,8
Lehajlás Hmm	11	13	13	13	2	12
Finomság Nm	85	89	90	87	6	88
Szakítóerő Pkp	95	80	78	73	5	81
Komplex értékszám	266	249	246	234	11	249
Rosttermés t/ha	2,4	2,7	2,7	2,7	0,2	2,6
P hatására (NK átlagai)						
Tőszám db/m ²	214	190	182	174	9	190
Nyerskóró rost %	29	30	30	31	2	30
Pozdorja %	25	21	20	20	5	22
K hatására (NP átlagai)						
Kóró hosszúság cm	193	204	209	211	13	204
Kóró vastagság mm	5	6	6	6	1	6
Rosttermés t/ha	2,3	2,6	2,8	2,7	0,2	2,6

A tőszám 160-260 db/m², a kóró műszaki hosszúsága 180-250 cm, a kóró vastagsága 4-8 mm, pozdorja 17-27 %, szakítóerő 64-94 Pkp, lehajlás 10-16 Hmm, torziós ellenállás 9-11 10³/T, finomság 82-94 Nm, komplex értékszám 220-290, rosttermés 2,0-3,0 t/ha között változott a kezelések nyomán.

Az 5. táblázat adatai szerint a N-trágyázás nem módosította a rost finomságát, a szakítóerőt és a komplex értékszámot viszont igazolhatóan rontotta. A rostköteg műszeres vizsgálattal megállapított átlagos szakítóereje a szakadásig folyamatosan növekvő terhelés eredményét tükrözi. Magasabb érték a jobb minőséget jelenti. A rostminőségi mutatók, ill. textilipari jellemzők együttes értékelését fejezi ki a komplex értékszám, amely 265 felett jó, 245-265 között megfelelő, 245 alatt nem megfelelő minőséget mutat az alkalmazott értékelési módszerrel. Jó rostminőséget a N-nel nem trágyázott talajon, megfelelő vagy elfogadható minőséget a 100-200 kg/ha/év trágyázás esetén, míg a 300 kg/ha/év N-terhelésnél már nem megfelelő textilipari alapanyagot kaptunk.

A kender törésekor a N-kezelés anyagának alábbi minősítése történt:

N-kontroll: Erős, jó rost, kissé merev

N 100 kg/ha/év: Közepesen erős rost, sok tapadó pozdorja

N 200 kg/ha/év: Közepesen erős rost, puha, jól osztódott, sok tapadó pozdorja

N 300 kg/ha/év: Közepesen erős rost, puha, szalagos, sok tapadó pozdorja

A P-trágyázás drasztikusan, csaknem 20 %-kal csökkentette a tőszámot betakarítás idejére, némileg növelte a nyerskóró rosttartalmát, valamint mérsékelte a pozdorja %-át. A kóró hosszúsága és vastagsága érdemben nem változott. Úgy tűnik, hogy csökkent viszont a kórók fás részének (pozdorja) aránya a rostot magában foglaló hánccszövet javára. A változások azonban a statisztikailag igazolható mérték határán vannak, nem bizonyíthatók egyértelműen. A trendek azonban meggyőzőek (5. táblázat).

A K-trágyázás növelte a kóró hosszúságát, tendenciájában a vastagságát, valamint csaknem 20 %-kal a rosttermést. Hatása egyértelműen előnyösnek mondható. A kezeléskombinációk között az alábbi minimum-maximum értékeket mértük a kísérletben: tőszám 160-260 db/m², kóró műszaki hosszúsága 180-250 cm, vastagsága 4-8 mm, pozdorja 17-27 %, szakítóerő 64-94 Pkp, lehajlás 10-16 Hmm, torziós ellenállás 9-11 10³/T, finomság 82-94 Nm, komplex értékszám 220-290, rosttermés 2,0-3,0 t/ha.

Összefoglalás

1. A rostkender fejlődésének első 2 hónapjában az NxP, míg a tenyészidő második felében a NxK kölcsönhatások domináltak. A növekedés maximumai május 30 – június 13 között jelentkeztek, amikor 14 nap alatt 78 cm-rel nőtt az állománymagasság, azaz naponta 5,6 cm-rel a bőséges NPK trágyázás nyomán.
2. A légszáraz hajtás tömege május végén 0,6-1,3 t, június 26-án 3,5-8,0 t, a kóró aratáskor augusztus 11-én 7-12 t légszáraz anyagot, míg a zöldlombos kóró 25-41 t friss tömeget adott ha-onként a kezelésektől függően. Optimális ellátottságnak a 100 kg/ha/év N, valamint a 150 mg/kg ammonlaktát (AL)oldható P₂O₅, ill. 250-300 mg/kg AL-K₂O készlet bizonyult. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a hazai szaktanácsadás számára.
3. A N-trágyázás mérsékelte a tőszámot, növelte a kóró hosszúságát, vastagságát és a rosttermést, valamint rontotta a rostminőséget. Jó minőséget a N-nel 16 éve nem trágyázott parcellákon, megfelelő vagy elfogadható minőséget a 100-200 kg/ha/év N- kezelésekből, míg a 300 kg/ha/év N-adagnál nem megfelelő textilipari nyersanyagot kaptunk. A P-trágyázással drasztikusan, közel 20 %-kal csökkent a tőszám és a pozdorja %-a, valamint 2 %-kal emelkedett a nyerskóró rosttartalma. Pozitív hatást gyakorolt a K-trágyázás ezen a K-mal közepesen ellátott talajon: nőtt a kóró hosszúsága, vastagsága, valamint a rosttermés 0,4 t/ha-ral.
4. Kezeléskombinációk között az alábbi minimum-maximum értékeket mértünk a kísérletben: tőszám 160-261 db/m², kóró műszaki hosszúsága 180-250 cm, kóró vastagsága 4-8 mm, pozdorja 17-27 %, szakítóerő 64-94 Pkp, lehajlás 10-16 Hmm, torziós ellenállás 9-11 10³/T, finomság 82-94 Nm, komplex értékszám 220-290, rosttermés 2,0-3,0 t/ha.

6.4. Ásványi összetétel, elemfelvétel

Mivel nagyon kevés kísérlet folyt hazánkban a rostkender elemfelvételével, ásványi összetételével kapcsolatban, ill. a nemzetközi irodalom is extrém szórásokat mutat, szükséges a főbb hazai irodalmi forrásokat kritikailag értékelni. Itthon elsőként *Jakobey (1970)* végzett átfogó elemzéseket. A kelést követő 20., 40., 60., 80. és 100. napon aratás előtt vett mintákat. Megállapította, hogy az idő előrehaladtával, a szárazanyag-gyapodással párhuzamosan az elemek koncentrációja lecsökken. A tápelemhígulás minden növényi részben kifejezett volt. A szár tápelemtartalma csökkent a legnagyobb mértékben, különösen a N és K esetében, ahol az aratáskori mennyiség átlagosan 1/3-át tette ki a fiatalkori állapotban mértnek.

A gyökér 1,5 és 0,6 % N, 1,0 és 0,4 % P_2O_5 , 3,0 és 1,6 % K_2O , a szár/kóró 2,0 és 0,6 % N, 0,9 és 0,4 % P_2O_5 , 5,4 és 1,8 % K_2O , a levél 4,0 és 3,0 % N, 1,4 és 1,0 % P_2O_5 , 4,6 és 2,9 % K_2O koncentrációval rendelkezett a kelés utáni 20. és 100. napon. A gyökér által felvett elemek mennyisége elhanyagolható volt, a N és P_2O_5 2-4 kg, a K_2O 5-11 kg értéket mutatott ha-onként, a szárazanyaghozamhoz hasonlóan a teljes forgalom 5-8 %-át tette ki (*Jakobey 1970*).

Maximális elemfelvétel a kelés utáni 80. napon történt, amikor a szár + lomb 44+59=108 kg N, 28+19=51 kg P_2O_5 , 141+68=226 kg K_2O készlettel rendelkezett. Ekkor a szár 5,6, a levél 1,8, azaz az összes földfeletti szárazanyaghozam 7,4 t/ha tömeget adott. Aratásig a kender elvesztette N és P-készletének 20, ill. K-készletének 30 %-át. A szerző nem trágyázási kísérletben dolgozott, így a talaj tápelemkinálatának az összetételre és a felvételre gyakorolt hatását nem vizsgálhatta, ill. diagnosztikai célú optimumokat sem állapíthatott meg.

A rostkender tápláltsági állapotát jellemezni hivatott vizsgálatok céljaira *Elek és Kádár (1980)* élettani megfontolások és a nemzetközi gyakorlat alapján két mintavételi időpontot javasolt a szaktanácsadás számára összeállított *MÉM NAK* kiadványukban. Ezek a 30-40 cm magasságú, szárbaszökés előtti állomány földfeletti hajtása, valamint a virágzás előtt vett fiatal, de már kifejlett levél. Figyelembe véve a növény rövid tenyészidejét és gyors megnyúlását, érdemi korrekciós beavatkozásra nyilvánvalóan a korai mintavétel elemzésadatai szolgálhatnak a gyakorlatban. A későbbi levélelemzés eredményei további hasznos információt nyújthatnak az állomány tápláltsági állapotáról, közvetve a talaj tápanyagszolgáltatásáról és így a várható terméskilátásokról.

Iványi (1998), Iványi és Izsáki (2000) NPK-műtrágyázási kísérleteket végeztek réti csernozjom talajon az 1990-1993. években Kompolti fajtavál. Diagnosztikai célú vizsgálatokra a május vége – július elejei időpontot ajánlották, amikor az állomány 5-6 pár leveles, 70-80 cm magasságú. A maximális, 15-18 t/ha szárazanyaghozamú parcellák alapján tesztelve optimális összetételű hajtásnak az alábbiakat tekintették: N 2,9-3,3 %, P 0,2-0,4 %, K 3,2-4,0 %. Az ideális elemarányok ebből adódóan 0,7-1,0 körüli N/K, 8-12 közötti N/P, illetve 10-14 körüli K/P értékre tehetők a növényi szárazanyagban. Megemlítik, hogy a termésmaximumokhoz 2-3 % Ca, 0,6-0,9 % Mg, 100-500 mg/kg Fe, 61-73 mg/kg Mn, 20-29 mg/kg Zn, 5-6 mg/kg Cu tartozott. Mivel a kísérletben csak a N, P és K hatásait vizsgálták, határkoncentrációk is csak ezen elemekre becsülhetők megbízhatóan.

A fenti szerzők kidolgozták a levélelemzésre támaszkodó mintavételi eljárást is, hiszen az egész hajtás mintázása kifogásolható mind elméleti, mind technikai szempontból. Mivel az intenzív megnyúlás idejére esik, a növények magassága és összetétele gyorsan változik. Ilyenkor naponta akár 5-10 cm-t is nőhet a magasság. A nagytömegű hajtás kezelése, szárítása, szállítása, őrlése nehezen megoldható. Mire az eredmények megszületnek és a szaktanácsadás elkészül már késő, és lehetetlen beavatkozni a 1.5-2.0 m-es állományba. Viszonylagos nyugalmi állapotot a szárbaszökés előtti kb. 30 cm-es hajtás, ill. a virágzás előtti stabilabb levél összetétele tükrözhet. Ezek a növényi részek alkalmasak a luxusfelvételre, ill. képek jól megmutatni a tápelemkínálat okozta koncentrációbeli különbségeket.

Iványi és Izsáki (2000) a kender tápláltsági állapotát az éppen kifejtett 5-6. levélpár összetétele alapján határozta meg. Az optimális összetételt vizsgálataik szerint az alábbi tartomány jellemezheti: N 5,0-6,0%; P 0,5-0,6%; K 2,5-3,0%. Főbb elemarányokat tekintve a 10 körüli N/P és 2 körüli N/K arány lehet mérvadó. A közölt adatok iránymutató jelleggel felhasználhatók a műtrágyázási szaktanácsadásban.

Sajnos a növényanalízissel foglalkozó legismertebb kézikönyvek mint a *Bergmann és Neubert (1976)*, *Bergmann (1992)*, *Martin-Prével et al. (1987)*, *Cerling (1978)*, *Boldürev (1971)* stb. nem adnak útmutatást, ill. optimális összetételre vonatkozó határkoncentrációkat a rostkenderre. A növénydiagnosztikai kutatás nemzetközi szinten is adós még a részletes kísérletes vizsgálatokkal. Ebből adódóan különös figyelmet érdemelnek a hazai, szabatos tartamtrágyázási kísérletekben nyert eredmények.

Ami a rostkender által felvett tápelemeket, pontosabban a 10 t kóró + a hozzá tartozó lomb fajlagos elemtartalmát illeti, *Bócsa és Manning (1981)* joggal jegyzi meg, hogy az irodalomban nagy ellentmondás uralkodik. Az ajánlások között akár nagyságrendi eltérések is előfordulhatnak. Így pl. a N 160-300, a P₂O₅ 20-160, a K₂O 30-370 kg között változhat. Mindez tükröződik a hazai szakirodalomban: *Sarkadi (1975)* 150-60-180, *MÉM NAK (1979)* 50-40-80, *Kádár (1979)* 120-50-100, *MÉM NAK (1987)* és *Antal (1987)* 90-80-160 kg N-P₂O₅-K₂O fajlagos értékeket javasolnak.

Jakobey (1970) adataiból számolva a 10 t lombos kóró 152 kg N, 73 kg P₂O₅, ill. 275 kg K₂O tartalommal rendelkezik. *Iványi és Izsáki (1996)* 157-39-206, *Iványi et al. (1997)* 141-35-198 kg N-P₂O₅-K₂O fajlagosokat közöl. Utóbbi szerzők szerint az évjárat és a trágyázás a fajlagos mutatók szórását egyaránt befolyásolja. Így pl. 1991. évben a fajlagos mutatók az alábbi minimum-maximum értékeket mutatták a 10 t/ha feletti kórótermést adó kezeléseken: N 100-140 kg, P₂O₅ 33-39 kg, K₂O 140-200 kg, CaO 140-160 kg, MgO 50-60 kg, Fe 1,5-1,7 kg, Mn 0,4-0,5 kg, Zn 120-160 g, Cu 28-36 g (*Iványi 1998*, *Iványi és Izsáki 2001*).

A 6. táblázatban a N-trágyázás hatását tanulmányozhatjuk a légszárz rostkender szerveinek és a gyomok hajtásának összetételére. A N-ellátás javulásával általában nemcsak a N-tartalmak nőttek, hanem részben a K, Ca és Cu koncentrációi is. A fiatal hajtás és a levél gazdag tápelemekben, míg az előregedő növényi részek elszegényednek. Aratáskor a kóró N-készlete a levélhez viszonyítva 1/5-ére süllyed. A kóró átlagosan 0,6 %, a rost 0,4 %, a pozdorja 0,2 % N-t tartalmaz. Utóbbi növényi részek fehérjében ill. N-tartalmú anyagokban szegények, szénhidrátokban pedig dúsulnak.

6.táblázat N- szintek és a légszáraz rostkender és gyomok elemtartalma 1989

Növényi szerv, mintavétel	N-trágyázás N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N % (PK átlagai)						
Hajtás ¹	4,69	4,84	4,93	5,00	0,15	4,86
Hajtás ²	3,62	4,21	4,27	4,38	0,19	4,12
Levél ³	3,30	4,30	4,41	4,58	0,18	4,15
Levél ⁴	2,46	3,38	3,56	3,62	0,16	3,25
Kóró ⁴	0,31	0,63	0,67	0,77	0,10	0,59
Rost ⁵	0,34	0,42	0,43	0,47	0,04	0,41
Pozdorja ⁵	0,15	0,21	0,22	0,23	0,02	0,20
K %						
Hajtás ¹	4,37	4,22	4,16	3,99	0,23	4,19
Hajtás ²	4,90	5,49	5,61	5,66	0,42	5,41
Levél ³	2,57	2,27	2,25	2,29	0,22	2,35
Levél ⁴	2,34	2,32	2,37	2,41	0,24	2,36
Kóró ⁴	1,23	1,75	1,73	1,74	0,08	1,61
Rost ⁵	0,12	0,13	0,13	0,14	0,02	0,13
Pozdorja ⁵	0,11	0,11	0,11	0,11	0,01	0,11
Ca %						
Hajtás ¹	7,12	7,33	6,76	6,72	0,52	6,08
Hajtás ²	3,77	3,90	4,03	4,20	0,36	3,97
Levél ³	5,70	5,48	5,47	5,37	0,28	5,51
Levél ⁴	4,96	4,83	4,63	4,70	0,08	4,78
Kóró ⁴	0,56	0,64	0,61	0,65	0,04	0,62
Rost ⁵	0,42	0,44	0,44	0,46	0,02	0,44
Pozdorja ⁵	0,37	0,41	0,42	0,43	0,02	0,41
Cu mg/kg						
Hajtás ¹	8,75	7,27	7,06	6,77	0,64	7,46
Hajtás ²	6,31	6,12	5,38	5,46	0,87	5,82
Levél ³	8,40	9,45	9,45	9,80	0,56	9,40
Levél ⁴	7,64	8,57	8,66	8,35	0,25	8,31
Kóró ⁴	2,91	3,09	3,30	3,38	0,20	3,17
Rost ⁵	2,85	3,18	3,31	3,56	0,10	3,22
Pozdorja ⁵	3,40	3,75	3,79	3,79	0,06	3,68

¹05. 30-án, ²06. 12-én (gyomok hajtása), ³06. 26-án, ⁴08. 11-én aratáskor, ⁵11. 25-én áztatás és törés után (ázott kóróban) A Fe átlagosan: ¹05. 30-án 810, ²06. 12-én (gyom hajtása) 1966, ³06. 26-án 462 levélben, ⁴08. 11-én levélben 394, kóróban 63, rostban 200, pozdorjában 100 mg/kg

A kóró aratáskor még jelentős mennyiségű káliumot tartalmaz, hiszen a sejtfal képződését serkenti, a szénhidrátok szintéziséhez elengedhetetlen. Áztatáskor a biológiai feltárás idején kioldódik, így a rostban és a pozdorjában

már csak 0,1 % körüli koncentrációkat találunk, tehát a K 92-96 %-a az áztatóvízben marad. Ca főként a fiatal hajtásban és a levélben dúsult 4-6 % körül. A kóró + rost és a pozdorja 0,4-0,6 % Ca készlettel rendelkezik, összetételük közelálló, áztatás során nem távozik a növényi anyagból. Hasonló mondható a rézről, mely kötött állapotban maradt a vizsgált növényi részekben és viszonylag homogén eloszlást mutatott a tenyészidő folyamán (6. táblázat).

A P-ellátás javulásával emelkedett a Ca, P és a Mn, illetve csökkent a Zn koncentráció a kifejezett P-Zn antagonizmus következtében. A hajtás és a levél 0,3-0,5 % körüli átlagos P-tartalma a kóróban 0,09, rostban 0,05, pozdorjában 0,03 %-ra zuhant. Ez a tápelem részben a N-hez hasonlóan döntően a fotoszintetizáló növényi szervekben dúsul és a fehérjeszintézishez kapcsolódik. A Mn a hajtásban 80-100, levélben 60-80, kóróban és rostban 20, pozdorjában 8-9 mg/kg légszáraz anyagban. Ez az elem a szilárdító szövetek alkotója, az ázott kóró rostja ezért nem szegényedik el az aratáskori kóróhoz viszonyítva. A Fe átlagosan a hajtásban május 30-án 810, a gyomok hajtásában június 12-én 1900, levélben június 26-án 462, levélben augusztus 11-én 394, kóróban 63, rostban 200, pozdorjában 100 mg/kg mennyiséget tett ki a légszáraz anyagban. Főbb adataink a 7. táblázatban tanulmányozhatók.

A Zn koncentrációja a növényi szervekben 20-30 mg/kg átlagos értékkel viszonylag stabil, csak a pozdorja Zn-készlete esik le 5-6 mg/kg-ra. A kóró és a rost tehát nem szegényedik el lényegesen a levél és hajtás összetételéhez képest. Zn a növekedést szabályozó auxin enzim alkotója, hiányában rövidszártágúság léphet fel. Az adott termőhely Zn-ellátottsága alacsony, melyet a P-túlsúly tovább gyengíthet. Ennek ellenére nem lépett fel a növekedés gátlása, úgy tűnik a rostkender képes volt kielégíteni élettani minimális Zn-igényét a tenyészidő folyamán (7. táblázat).

A K-ellátás túlsúlyával drasztikusan emelkedett a növényi részek K-készlete. Ez alól a rost és a pozdorja képezett kivételt az ázott kóróban a K-kilúgzás miatt. Egyértelműen megnyilvánult a K-Ca, K-Mg, K-Na ionantagonizmus a kationok között, a K-trágyázással jelentősen mérséklődött a hajtás és a levelek Ca, Mg, Na készlete. Kifejezetten és egyértelműen a Mg koncentrációja csökkent a tenyészidő egésze folyamán. Az aratáskori kóróban és a pozdorjában viszont emelkedett a Ca, ill. a kóróban és rostban a Na koncentrációja (8. táblázat).

7. táblázat P-szintek és a légszáraz rostkender és a gyomok elemtartalma, 1989

Növényi szerv, mintavétel	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	85	154	246	363		
Ca % (NK kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	6,55	6,92	7,18	7,27	0,52	6,98
Hajtás ²	3,87	4,01	3,95	4,06	0,36	3,97
Levél ³	5,23	5,44	5,75	5,60	0,28	5,51
Levél ⁴	4,56	4,56	4,92	5,09	0,08	4,78
Kóró ⁴	0,59	0,63	0,62	0,63	0,04	0,62
Rost ⁵	0,41	0,42	0,45	0,47	0,02	0,44
Pozdorja ⁵	0,40	0,41	0,41	0,42	0,02	0,41
P % (NK kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	0,35	0,40	0,43	0,46	0,02	0,41
Hajtás ²	0,42	0,47	0,54	0,59	0,04	0,50
Levél ³	0,25	0,30	0,36	0,40	0,04	0,33
Levél ⁴	0,28	0,31	0,34	0,38	0,02	0,33
Kóró ⁴	0,06	0,08	0,09	0,12	0,02	0,09
Rost ⁵	0,04	0,05	0,06	0,06	0,01	0,05
Pozdorja ⁵	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
Mn mg/kg (NK kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	84	89	92	96	6	90
Hajtás ²	101	87	82	82	15	88
Levél ³	61	66	77	83	4	72
Levél ⁴	62	70	84	90	5	76
Kóró ⁴	18	20	20	20	1	20
Rost ⁵	18	20	20	21	1	20
Pozdorja ⁵	8	8	9	9	1	8
Zn mg/kg (NK kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	30	22	22	19	3	23
Hajtás ²	40	38	35	34	2	37
Levél ³	28	21	18	18	3	21
Levél ⁴	31	25	21	21	2	24
Kóró ⁴	25	24	23	22	1	24
Rost ⁵	20	17	16	15	2	17
Pozdorja ⁵	6	6	5	5	1	5

¹05. 30-án, ²06. 12-én (gyomok hajtása), ³06. 26-án, ⁴08. 11-én aratáskor, ⁵11. 25-én áztatás és törés után (ázott kóróban)

8. táblázat K-ellátottság és a légszáraz növényi szervek elemtartalma, 1989

Növényi szerv, mintavétel	Ammonlaktát (AL)-oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	136	267	442	606	30	363
Ca % (NP kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	7,32	7,30	6,74	6,57	0,52	6,98
Hajtás ²	4,32	3,88	3,82	3,86	0,36	3,97
Levél ³	5,88	5,47	5,40	5,28	0,28	5,51
Levél ⁴	4,98	4,84	4,70	4,61	0,08	4,78
Kóró ⁴	0,55	0,61	0,63	0,68	0,04	0,62
Rost ⁵	0,46	0,44	0,44	0,41	0,02	0,44
Pozdorja ⁵	0,37	0,40	0,43	0,44	0,02	0,41
K % (NP kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	2,57	4,31	4,82	5,04	0,23	4,19
Hajtás ²	4,64	5,36	5,69	5,96	0,42	5,41
Levél ³	0,96	2,27	2,96	3,19	0,22	2,35
Levél ⁴	1,49	2,35	2,79	2,81	0,24	2,36
Kóró ⁴	0,87	1,57	1,91	2,10	0,08	1,61
Rost ⁵	0,12	0,13	0,13	0,14	0,02	0,13
Pozdorja ⁵	0,11	0,11	0,11	0,11	0,01	0,11
Mg % (NP kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	0,97	0,71	0,59	0,56	0,07	0,71
Hajtás ²	1,02	0,77	0,70	0,68	0,08	0,79
Levél ³	0,56	0,44	0,39	0,37	0,04	0,44
Levél ⁴	0,90	0,73	0,62	0,62	0,04	0,72
Kóró ⁴	0,20	0,13	0,10	0,10	0,03	0,13
Rost ⁵	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02	0,05
Pozdorja ⁵	0,03	0,03	0,04	0,03	0,01	0,03
Na mg/kg (NP kezelések átlagai)						
Hajtás ¹	278	208	204	185	37	219
Hajtás ²	316	266	252	256	40	272
Levél ³	65	56	51	52	6	56
Levél ⁴	53	52	40	39	7	46
Kóró ⁴	166	193	214	278	34	213
Rost ⁵	130	156	163	179	18	157
Pozdorja ⁵	292	272	260	286	54	272

¹05. 30-án, ²06. 12-én (gyomok hajtása), ³06. 26-án, ⁴08. 11-én aratáskor, ⁵11. 25-én áztatás és törés után (ázott kóróban).

A rostkender kielégítő tápláltsági állapotát a május 30-án vett 20-40 cm magasságú hajtásban 4-5 % N, 0,4-0,5 % P, 4-5 % K koncentráció tartományban találjuk. Mindez 0,8-1,2 N/K, ill. 8-12 N/P vagy K/P aránnyal jellemezhető. A június 26-án 100-150 cm magasságú állományban (2. és 3. emeletről) vett fiatal kifejlett levelek elemzése szerint az optimális tartalmat a 4-5 % N, 0,3-0,4 % P, 2-3 % K, illetve 1,5-2,5 körüli N/K, 5-10 közötti K/P és 10-15 N/P aránya tükrözheti. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.

9. táblázat NPK-ellátottság hatása a rostkender termésére és elemfelvételére, 1989

Növényi szerv, összes felvett	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	000	111	222	333		
Légszárász termés t/ha						
Hajtás ¹	0,6	1,0	1,1	1,2	0,3	1,0
Lomb ²	1,4	1,8	2,0	2,0	0,3	1,8
Kóró ²	7,0	9,8	11,0	11,2	2,0	9,8
Összesen ²	8,4	11,6	13,0	13,2	2,3	11,6
N kg/ha						
Hajtás ¹	28	39	44	50	4	40
Lomb ²	39	61	68	72	6	60
Kóró ²	24	57	62	74	5	54
Összesen ²	63	118	130	146	12	114
K kg/ha						
Hajtás ¹	15	34	43	50	4	36
Lomb ²	24	42	53	56	5	44
Kóró ²	66	141	176	202	18	146
Összesen ²	90	183	229	258	22	190
Ca kg/ha						
Hajtás ¹	44	58	60	66	5	57
Lomb ²	80	87	89	92	3	87
Kóró ²	42	55	58	66	4	55
Összesen ²	112	142	147	158	7	142
Mg kg/ha						
Hajtás ¹	6	6	5	6	1	6
Lomb ²	16	14	13	12	2	14
Kóró ²	15	12	9	9	2	11
Összesen ²	31	26	22	21	3	25
P kg/ha						
Hajtás ¹	2	3	4	5	1	4
Lomb ²	4	6	7	8	2	6
Kóró ²	5	7	8	12	2	8
Összesen ²	9	13	15	20	3	14

K x 1,20 = K₂O; Ca x 1,4 = CaO; Mg x 1,66 = MgO; P x 2,29 = P₂O₅

¹05. 30-án, ²08. 11-én aratáskor

Mivel termésdepressziót a rostkender nem jelzett, ill. termésmaximumok az együttes NPK adagolással álltak elő, a 9. táblázatban a 4 NPK-ellátottsági szinten mutatjuk be a növényi termések és elemfelvételek eredményeit. A teljes földfeletti tömeg analízisére május 30-án és aratás idején került sor. Az adatokból látható, hogy már a fiatal hajtás jelentős elemakkumulációra képes, tehát a rostkender elemigénye a korai stádiumban kifejezett. A lomb aratáskor közel annyi N-t és K-

ot tartalmazhat, mint az 5-6-szoros tömegű kóró. A Ca, Mg és P mennyisége döntően a kóróban található.

Amennyiben a lombos kóró teljes termése elkerül a tábláról, az alábbi tápanyagvesztés léphet fel a talajban a 13,2 t/ha körüli légszáraz tömeggel: 146 kg N, 258 kg K (310 kg K₂O), 158 kg Ca (221 kg CaO), 21 kg Mg (35 kg MgO), 20 kg P (46 kg P₂O₅). Ha a lomb visszakerül a talajba, ill. csak a lombtalan kóró távozik, az összes felvett N kereken 53, a K 23, a Ca 61, a Mg 56 és a P 43 %-a a talajtermékenység megőrzését szolgálhatja. Ideálisnak e tekintetben azt az állapotot minősíthetnénk, amikor a kinyert rost után visszamaradó áztatóvíz (szennyvíz és iszap) anyagai is a talajt gazdagítanák. Ekkor a „talajkimerülés” egy nagyságrenddel csökkenhetne.

10. táblázat NPK-ellátottsági szintek hatása a rostkender elemfelvételére, 1989

Növényi szerv, összes felvétel	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	000	111	222	333		
	Fe kg/ha					
Hajtás ¹	0,5	0,6	0,7	0,8	0,1	0,6
Lomb ²	0,6	0,7	0,8	0,8	0,1	0,7
Kóró ²	0,5	0,6	0,6	0,6	0,1	0,6
Összesen ²	1,1	1,3	1,4	1,4	0,1	1,3
	Mn g/ha					
Hajtás ¹	50	71	83	96	8	75
Lomb ²	99	126	160	180	14	141
Kóró ²	137	180	380	400	28	274
Összesen ²	236	306	540	580	40	415
	Zn g/ha					
Hajtás ¹	18	18	20	19	2	19
Lomb ²	50	45	40	42	3	44
Kóró ²	190	216	212	202	10	205
Összesen ²	240	261	252	244	8	249
	Cu g/ha					
Hajtás ¹	5	6	6	7	1	6
Lomb ²	12	15	17	17	2	15
Kóró ²	22	28	30	33	3	28
Összesen ²	34	43	47	50	5	43
	Na kg/ha					
Hajtás ¹	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Lomb ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kóró ²	1,3	1,7	2,0	2,7	0,3	1,9
Összesen ²	1,4	1,8	2,1	2,8	0,4	2,0

¹05. 30-án, ²08. 11-én aratáskor

A mikroelemek felvétele a 10. táblázat adatai szerint összességében nem jelentős. A Fe mennyisége maximálisan 1,4 kg-ot, a Mn 580, Zn 244, Cu 50 g-ot ért el. Fe döntően a lombban, míg a többi mikroelem a kóróban akkumulálódott. A

rostkender Na-felvétele említésre méltó. A kóró maximálisan 2,7 kg Na-ot épített testébe. A Na nem minősül mikroelemnek, nem is igazán tápelemnek. Kedvező hatása viszont élettanilag bizonyított egyes növényfajoknál (lásd répafélék). Irodalmi utalások szerint a főleg szénhidrátokat raktározó növények reagálnak kedvezően a Na-bőségre, ill. akkumulálják a Na-ot (*Bergmann 1992*). Talán ezzel magyarázható a rostkender kórójának erőteljesebb Na-felvétele.

A 11. táblázatban megfigyelhető, hogy a rostkender fajlagos elemtartalma drasztikusan változhat az NPK-ellátottság függvényében. A növény összetétele bizonyos fokig alkalmazkodik a kínálathoz, plasztikusan. Ez részben abból adódik, hogy vegetatív stádiumban takarítjuk be, zöldlombos állapotban. A N pl. 83-152, P₂O₅ 27-48, K₂O 142-323, CaO 180-220, MgO 37-68, Na 1,8-2,9 kg; Fe 1,0-1,4 kg; a Mn 310-604, Zn 254-316, Cu 48-52 g fajlagos értékeket mutatott. A Ca és a Fe fajlagos tartalmai ugyanakkor érdemben nem módosultak. Joggal vetődik fel a kérdés: mivel dolgozzon a szaktanácsadás a tervezett termés elemigényének megítélésakor, amikor a fajlagos elemtartalmak ilyen tág szórásstartományt jeleznek?

11. táblázat NPK ellátottság hatása a rostkender fajlagos elemtartalmára, 1989

Elem jele	Mérték-egység	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
		000	111	222	333		
10 t betakarított kóró és a hozzá tartozó lombtermésben							
N	kg/ha	83	131	141	152	13	127
K	kg/ha	118	203	249	269	22	210
Ca	kg/ha	160	158	160	165	17	161
Mg	kg/ha	41	29	24	22	4	29
P	kg/ha	12	14	16	21	4	16
P ₂ O ₅	kg/ha	27	32	37	48	4	36
K ₂ O	kg/ha	142	244	299	323	26	252
CaO	kg/ha	224	221	224	231	13	225
MgO	kg/ha	68	48	40	37	5	48
Na	kg/ha	1,8	2,0	2,3	2,9	0,3	2,2
Fe	kg/ha	1,4	1,4	1,5	1,5	0,2	1,4
Mn	g/ha	310	340	587	604	44	460
Zn	g/ha	316	290	274	254	20	284
Cu	g/ha	45	48	51	52	4	49

Megjegyzés: P x 2,29 = P₂O₅, K x 1,2 = K₂O, Ca x 1,4 = CaO, Mg x 1,66 = MgO

A 12. táblázatban összeállítottuk a rostkender fajlagos elemtartalmára vonatkozó fontosabb közléseket. Kritikailag elemezve a szakirodalmat arra a következtetésre juthatunk, hogy a közlésekben fellelhető nagy ellentmondások több tényezőre vezethetők vissza, ill. számos hibaforrást takarnak:

- Rostkenderrel trágyázási kísérletek alig-alig folytak hazánkban. Olyan szabatos műtrágyázási tartamkísérlet, melyet átfogó talaj- és

növényvizsgálatokkal is összekapcsoltak, ez idáig csupán Szarvason lett beállítva és részben közölve.

- Kézikönyvekben sok az átvett adat. A szerzők nagy része nem kísérletezett rostkenderrel, nem vizsgálta elemfelvételét. Kritikai szemlélet, ill. saját tapasztalat híján nem ismeri fel, nem különbözteti meg a lombhullás előtti teljes földfeletti növény elemkészletét (azaz a maximális felvételt) az aratáskori lombos kóró, a lomb nélküli kóró, esetleg a nyers rost által kivont elemkészletétől.
- A szerző nincs tudatában annak, hogy mely tényezők (pl. a trágyázás) milyen mértékben módosíthatják a fajlagos elemigényt. Milyen mérvű szórások, minimum-maximum értékek lehetnek reálisak és hogyan értelmezze azokat egy adott talajon?
- Félreértésre adhat okot a tervezett termés elemigényét prognosztizáló "fajlagos elemtartalom" fogalma is.

12. táblázat A rostkender fajlagos elemtartalma különböző források nyomán (10 t betakarított kóró + a hozzá tartozó lomb vagy mag légszáraz termésben, kg/ha)

Forrás (év)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Átlagos fajlagos értékek					
1. Bredemann (1945)					
Lombhullás előtti növény	295	87	306	332	58
Aratáskor lombtalan kóró	87	18	164	112	28
Aratáskor kóró + mag	140	50	176	116	30
2. Jakobey (1970)					
Lombhullás előtti növény	193	91	404	-	-
Aratáskor lombtalan kóró	63	41	175	-	-
Aratáskor kóró + lomb	152	73	275	-	-
3. Faustzahlenbuch (1971)					
	64	42	66	181	-
4. Sarkadi (1975)					
	150	60	180	-	-
5. MÉM NAK (1979)					
	50	40	80	-	-
6. Kádár (1979)					
	120	50	100	-	-
7. MÉM NAK (1987)					
	90	80	160	160	20
8. Antal (1987)					
	90	80	160	160	20
9. Iványi és Izsáki (1996)					
	157	39	206	-	-
10. Iványi et al. (1997)					
	141	35	198	-	-
Minimum-maximum értékek					
1. Szpravocsnik (1964)					
	160-200	50-60	100-120	-	-
2. Kádár (1979)					
	50-300	20-200	30-600	-	-
3. Bócsa és Manninger (1981)					
	160-300	15-160	30-370	-	-
4. Iványi és Izsáki (1996)					
	119-202	35-51	186-249	-	-
5. Iványi (1998)					
	100-140	33-39	140-200	140-160	50-60
6. Kádár (2002)*					
	80-150	27-48	142-323	180-220	40-70
Javasolt átlagos	100	40	200	140	40

* A 6. táblázat adatai szerint

Bredemann (1945) által közölt adatokból kitűnik, hogy a lombtalan kóró és amaximális felvételt jelentő lombhullás előtti földfeletti teljes növény elemkészlete között akár 3-4-szeres eltérés adódhat. *Jakobey (1970)* vizsgálatai hasonló eltéréseket mutatnak és a szerző arra a téves következtetésre jut, hogy a betakarított kóró N-készletének 3-4-szeresét, ill. a P- és K-készletének 2-szeresét kell figyelembe venni a trágyaigény számításakor. Az irodalmi és saját minimum-maximum értékek figyelembevételével a hazai szaktanácsadás számára kereken 100 kg N, 40 kg P₂O₅, 200 kg K₂O, 140 kg CaO, 40 kg MgO fajlagos mutatókat javasolhatunk. Természetesen meszes termőhelyen a Ca és Mg trágyákra nem lesz szükségünk.

Összefoglalás

5. A javuló N-ellátással nőtt a növényi részek N és részben a K, Ca és Cu koncentrációja. A növekvő P-kínálat a P, Ca és Mn készlet emelkedését, valamint a kifejezett P-Zn ionantagonizmus nyomán a Zn-tartalom süllyedését eredményezte. A K-túlsúly a K %-át mintegy a 2-3-szorosára növelte és ezzel együtt mérsékelte a Ca, Mg, Na kationok beépülését a növénybe.
6. A fiatal hajtás és a levél N, Ca, P, Fe, Mn készlete közel egy nagyságrenddel csökkent az aratáskori kóróhoz képest. A rost és a pozdorja tovább szegényedett tápelemekben, különösen K-ban, mely az áztatóvízben maradt.
7. A rostkender optimális tápláltsági állapotát a május 30-án vett 20-40 cm magasságú hajtásban a 4-5 % N, 0,4-0,5 % P, 4-5 % K tartalom, ill. a 0,8-1,2 N/K, 8-12 N/P vagy N/K arány jellemezheti. A június 26-án (100-150 cm magas állományban) 2. és 3. emeletről vett kifejlett fiatal levelek elemzése szerint az optimális tartomány 4-5 % N, 0,3-0,4 % P, 2-3 % K, illetve 1,5-2,5 körüli N/K, 5-10 K/P és 10-15 N/P arány között található.
8. A 13,2 t/ha légszáraz lombos kóróba aratáskor 146 kg N, 310 kg K₂O, 221 kg CaO, 35 kg MgO és 46 kg P₂O₅, 2,7 kg Na, 1,4 kg Fe, 580 g Mn, 244 g Zn és 50 g Cu épült be. Ha a lomb a talajon marad és leszántjuk, a Ca 61, Mg 56, N 53 és a P 43 %-a visszakerülhet a talajba. Az összes felvett Na 2,7 kg, Fe 1,4 kg, Mn 580 g, Zn 244 és a Cu 50 g mennyiséget tett ki. A Fe döntően a lombban, míg a többi mikroelem a kóróban akkumulálódott.
9. A 10 t kóró + a hozzá tartozó lomb fajlagos elemtartalma aratáskor az alábbiak szerint változott az NPK-ellátottság függvényében: N 83-152 kg, P₂O₅ 27-48 kg, K₂O 142-323 kg, CaO 180-220 kg, MgO 37-68 kg, Na 1,8-2,9 kg, Fe 1,0-1,4 kg, Mn 310-604 g, Zn 254-306 g, Cu 48-52 g.
10. Irodalmi adatok és saját elemzéseink alapján a hazai szaktanácsadás számára (tervezett termés tápelemigényének becslésére) az alábbi átlagos fajlagos mutatókat javasoljuk: 100 kg N, 40 kg P₂O₅, 200 kg K₂O, 140 kg CaO és 40 kg MgO. Meszes termőhelyen Ca és Mg trágyaszerekre értelemszerűen nem lesz szükség.

7. Műtrágyázás hatása a borsóra (*Pisum sativum L.*) 1990

7.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A borsót étkezési szárazborsónak, zölden friss fogyasztásra cukorborsónak vagy konzervipari célra, ill. abrak vagy zöldtakarmányként egyaránt hasznosítják. A szélsőséges, extrém savanyú vagy szikes, ill. a levegőtlen agyag vagy a sülevényes homoktalajok kivételével mindenütt termesztendő. Ideális termőhelye a karbonátos csernozjom, a löszhátak. *Kurnik (1970)* szerint közepes terméshozamnál a talaj 70-140 kg/ha nitrogénnel gazdagodhat és 1 t/ha körüli búza terméstöbbletre számíthatunk. *Kralovánszky (1975)* a fehérjehozam és az átlagtermés összefüggéseit vizsgálva megállapítja, hogy a 600 kg/ha fehérjét 2 t szója, 2,5-3,0 t borsó, 4 t lucernaszéna, 6 t árpa vagy 8 t kukorica magterméssel biztosíthatjuk.

Mivel a borsó gyökere nem hatol mélyre és rövid a tenyészideje, trágyaigényesnek minősül. Különösen a P és K igénye kifejezett. N-gyűjtő, de tavasszal N-t is igényelhet, amikor a baktériumok tevékenysége még szünetel. Amennyiben a N-ellátás bőséges, a N-kötés elmarad, a borsó a talaj N-készletét hasznosítja. Termésingadozása, környezeti érzékenysége kifejezett. Kritikusnak minősül a virágzás és a hüvelyképződés periódusa, amennyiben az időjárás forróvá és aszályossá válik. A növény vízszükséglete közepesnek mondható, de az eloszlásra érzékeny. Az évenkénti termésingadozások döntően az időjárási tényezőkre vezethetők vissza (*Láng 1976, Ács és Kurnik 1980, Husti 1984*).

Általánosan elfogadott, hogy a N-trágyázással nőhet a növényi szövetek N, ill. nyersfehérje készlete. A csapadékos évjárással vagy a PK-trágyázással előidézett termésmenövekedés (hígulási effektus) viszont mérsékelheti a fehérje felhalmozását. *Győri és Bocz (1991, 1992)* pl. megállapítja, hogy a borsó N és nyersfehérje forgalma "...abban az esetben magasabb, ha a májusi és júniusi csapadék a sok évi átlagnál kevesebb." A szerzők műtrágyázási kísérleteiben az aminosavak összetétele érdemben nem módosult, változott viszont a borsó szerveinek mikroelem tartalma.

Ismert, hogy a borsómagban az antinutritív anyag mint a tannin, fitinsav stb. elenyésző, ezért könnyen zsizsikosodik. Mivel a hüvely védi, mikotoxinokkal kevésbé szennyezett. Jól etethető abrakként, javítja a húsminőséget, ill. csökkenti az elzsírosodást. Főként a sertések fogyasztják, de 30 %-ban a tojtyúk abrakjába is keverhető, főként metionin kiegészítés után. A magfehérje ugyanis lizinben viszonylag gazdag, de metionin és cisztin kéntartalmú aminosavakban és triptofánban szegény. A trágyázástól, a termesztés körülményeitől függően az összes nyersfehérje 8-14 %-át is kiteheti a nem valódi fehérje-N részaránya.

Irodalmi adatok szerint a borsómag aminosav összetétele az alábbi lehet a fehérje %-ában kifejezve: lizin 6-9; leucin 6-8; fenilalanin, valin, tirozin, izoleucin, treonin 3-6; metionin, triptofán, cisztin 0,4-1,2. A nem esszenciális aminosavak %-os tartalmának átlagértékei: glutaminsav 14-18; argininsav és aszparagin 6-13; szerin, alanin, prolin, glicin, hisztidin 3-7. Összességében az esszenciális aminosavak a fehérje 30-40 %-át, míg a nem esszenciálisak a fehérje 50-60 %-át alkotják. Maradékot az egyéb nem-fehérje N-tartalmú anyagok mint az amidok, ásványi N-formák tehetik ki. Kevésbé ismert, hogy a döntően genetikailag

meghatározott aminosav-összetétel mennyiben változhat az ásványi táplálás függvényében (Kurnik 1970, Kralovánszky 1975, Márkus és Bártfayné 1953, Győri és Bocz 1991).

Tartamkísérletünkben vizsgálni kívántuk hogyan alakul a borsó fejlődése, gyomborítottága, a zöld- és a szárazborsó termése az NPK trágyázás nyomán. Mivel a műtrágyák hatóanyagaikon túl kísérő elemeket, esetleges szennyezéseket is tartalmazhatnak (Kádár 1991), nyomon követtük az egyéb makro- és mikroelemek oldható tartalmának változását a szántott rétegben. Arra a kérdésre is választ kerestünk, hogy mennyiben módosulhat a talaj mikroelem kínálata a tartós és egyoldalú NPK műtrágyázás függvényében? Kialakulhatnak-e tápelemhiányok vagy túlsúlyok, melyek a szaktanácsadásban figyelembe vehetők? Milyen a borsómag fehérjének aminosav összetétele és mennyiben befolyásolható műtrágyázással? Végül állatetelési kísérletben is ellenőrizni kívántuk, hogy milyen testtömeg-gyarapodást, ill. fehérjehasznosítást idézhet elő a kísérletből származó különbözőképpen műtrágyázott borsómag?

7.2. Anyag és módszer

A kísérlet 17. évében 1990-ben Újmajori fajtájú borsót termesztettünk. A vetés március 17-én történt gabona-sortávra 250 kg/ha vetőmag felhasználásával. A tenyészidő folyamán gyomfelvételezésre, állománybonításra, növény- és talajmintavételre is sor került az 1. táblázatban részletezett módon és időben. Növénymintavétel 8-8 fm, azaz 1-1 m² földfeletti anyag begyűjtését jelentette parcellánként. Mértük a minták friss és légszáraz tömegét, valamint meghatároztuk makro- és mikroelem tartalmukat cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ feltárást követően és ICP technikát alkalmazva. A N-t a hagyományos módon, cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ roncsolás után elemeztük.

Aratást követően parcellánként 20-20 lefűrásból átlagmintát képeztünk a szántott réteget érintve. Talajmintákban vizsgáltuk az oldható elemkészlet alakulását az ammóniumlaktát (AL) Egnér et al. (1960) szerint, NH₄-acetát + EDTA (Lakanen és Erviö 1971), valamint a foszfor esetében NaHCO₃ (Olsen et al. 1954) módszerrel is. A KCl-oldható NO₃-N mennyiségét a MÉM NAK (1979) előírásai szerint határoztuk meg. Mivel nem ismert, hogy az egyoldalú és tartós NPK műtrágyázás mennyiben változtathatja meg a talaj egyéb elemeinek oldható koncentrációit, a vizsgált elemek körét kiterjesztettük. Az NH₄-acetát + EDTA kivonatokban megmértük a Mg, Al, Fe, B, Ba, Na, Sr, Cu, Ni, Zn, Cr, Hg, Se, Mo elemtartalmakat is. Hasonló adatokat a hazai irodalomban nem találtunk.

Ami a csapadékatokat illeti, az alábbiakra utalunk. Az 1990. évi meglehetősen száraznak bizonyult, mindösszesen 498 mm eső hullott. Az elővetemény rostkender a talajt kiszárította, betakarítására 1989. augusztus 16-án került sor. A borsó vetéséig (1990. március 14.) eltelt 7 hónap alatt azonban a talaj vízkészlete a lehullott téli-tavaszi csapadék nyomán 185 mm-rel gazdagodhatott. A borsó 3,5 hónapos tenyészideje alatt az alábbi csapadékösszegeket kapta: március 15 mm, április 67 mm, május 39 mm, június 45 mm, azaz összesen 166 mm. Elméletileg tehát 351 mm vízkészlettel rendelkezhetett. A zöldérés június 8-án

következett be, majd 18 nappal később a szárazborsót arattuk. A száraz május és június nem kedvezett a magképződésnek.

A kísérleti parcellákon termett szárazborsó magtermését az Állatorvostudományi Egyetem Takarmányozástani Tanszékére szállítottuk patkányetelési kísérlet céljából. A választott 21-23 napos hím patkányokat az állatházban előnevelő táppal etettük, majd testtömeg szerint 6 fős csoportokat alakítottunk ki (59 g/állat). Ad libitum etetés mellett mértük a testtömeget a 2., 5., 8., 10. napon. A kontroll csoportot kivéve a 16 kezelt csoportban nyersfehérje-forrásként kizárólag a kísérleti kezelésekből termelt 4N x 4P = 16 borsómintát alkalmaztuk. Az etetési kísérlet végén regisztráltuk a tápfogyasztást, fehérje fogyasztást, valamint a fehérje-hasznosulást, azaz az elfogyasztott nyersfehérje beépülő %-át. Megemlítjük, hogy a fiatal, gyorsan növekvő állatoknál a testtömeg és a fehérjebeépülés jól korrelál egymással, hiszen ekkor még az állatok zsírdépot nem képeznek. A nyersfehérjét N x 6,25 szorzófaktorral számítottuk.

Az aminosav összetétel vizsgálata a BME Biokémiai és Élelmiszertechnológiai Tanszékén történt oszlopkromatográfiás módszerrel, Aminochrom II. automata analizátoron, sósavas hidrolízist követően.

7.3. Talajvizsgálati eredmények

Amint az 1. táblázatban megfigyelhető, a kísérlet 17 éve alatt jól elkülönülő NPK-ellátottsági szintek alakulhattak ki a talajban. Az összes felhasznált hatóanyagot tekintve a nitrogén 0 és 5100, a P₂O₅ 0 és 3000, a K₂O 0 és 6000 kg/ha extrém értékeket mutatott. Mindez tükröződött a szántott réteg oldható elemkészletében is. A szuperfoszfáttal végzett P-trágyázás eredményeképpen a kontrollhoz képest 3,2-szeresére nőtt az AL-oldható; 4,8-szorosára az NH₄-acetát + EDTA oldható; ill. 4,3-szeresére a NaHCO₃-oldható P₂O₅ mennyisége.

Ami az egyéb elemeket illeti megállapítható, hogy a *Lakanen és Erviö (1971)* által kidolgozott NH₄-acetát + EDTA kioldás szerint egyértelműen és igazolhatóan csupán a Sr tartalma nőtt meg, csaknem kétszeresére a szuperfoszfát-terheléssel. Tendenciájában csökkent a B és Co, valamint némileg emelkedett az As és Cd koncentrációja. Ezek a változások azonban statisztikailag nem igazolhatók és abszolút mennyiségeiket tekintve is elhanyagolhatók. A Sr felhalmozódása viszont összefügg azzal, hogy a hazai szuperfoszfátok Sr szennyezettsége az 1-2 %-ot is elérte, mert az alapanyagul szolgáló kőfoszfátok ezen elemekben igen gazdagok (*Kádár 1991*).

Az 50 %-os kálisóval végzett K-műtrágyázás 3-4-szeresére emelte az AL-K₂O, ill. LE-K₂O értékeket a feltalajban. Ezen túlmenően igazolhatóan nőtt még az oldható Mg, Al, Fe, Ba, Na, Cu és Ni, valamint mérséklődött a Zn koncentrációja. Ismert, hogy a kálisók 1-10 % Na, 1-2 % Mg; 0,1-0,2 % Fe és Al, valamint elhanyagolható mennyiségű Ba, Cu, Ni, Cr, Zn elemet tartalmazhatnak. A kálisók összetételéből adódóan elsősorban a Na és Mg dúsulása magyarázható a szántott rétegben, míg a többi elem esetében a kimutatott változások valójában nem igazán indokolhatók. Az oldható Zn-készlet csökkenése ezen a Zn-kel gyengén ellátott talajon visszavezethető lehet a növekvő termésekkel okozott Zn-felvételre, tehát a "talajkimerülésre" e tápelem esetében.

I. táblázat NPK műtrágyázás és a szántott réteg oldható elemkészlete, 1990

Műtrágyázás, talajelemzés	Kezelések, ill. műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/17 év	0	1700	3400	5100	-	2550
P ₂ O ₅ kg/ha/17 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O kg/ha/17 év	0	2000	4000	6000	-	3000
P-trágyázás hatására (NK átlagai)						
AL-P ₂ O ₅ , mg/kg ¹	96	129	214	311	31	187
LE-P ₂ O ₅ , mg/kg ²	41	72	129	196	16	110
Olsen-P ₂ O ₅ , mg/kg ³	18	32	51	77	7	44
LE-Sr, mg/kg	23	29	38	43	4	33
LE-B, mg/kg	3,1	2,7	2,6	2,6	0,6	2,8
LE-Co, mg/kg	2,7	2,6	2,3	2,2	0,3	2,4
LE-Cd, mg/kg	0,09	0,10	0,11	0,11	0,01	0,10
LE-As, mg/kg	0,05	0,04	0,03	0,09	0,04	0,05
K-trágyázás hatására, (NP átlagai)						
AL-K ₂ O, mg/kg	125	186	332	466	25	277
LE-K ₂ O, mg/kg	155	234	373	537	49	325
LE-Mg, mg/kg	372	395	456	464	26	422
LE-Al, mg/kg	64	74	76	79	6	73
LE-Fe, mg/kg	58	65	69	73	4	66
LE-Ba, mg/kg	20	24	23	24	3	23
LE-Na, mg/kg	16	19	19	20	3	18
LE-Cu, mg/kg	3,5	3,7	3,8	4,3	0,4	3,8
LE-Ni, mg/kg	3,4	3,4	3,8	4,0	0,4	3,7
LE-Zn, mg/kg	1,7	1,8	1,6	1,1	0,3	1,6
LE-Cr, mg/kg	0,02	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03
N-trágyázás hatására (PK átlagai)						
LE-K ₂ O, mg/kg	347	337	311	303	49	325
AL-K ₂ O, mg/kg	294	282	268	266	25	277
NO ₃ -N, mg/kg	14	17	19	19	3	17

¹ AL=Ammoniumlaktát-oldható Egnér et al., ² LE=NH₄-acetát + EDTA oldható Lakanen és Erviö (1971), ³ NaHCO₃-oldható Olsen et al. (1954) szerint.

A N-trágyázás hatására tendenciájában (LE-K₂O) vagy igazolhatóan (AL-K₂O) mérséklődött a talajok oldható K-készlete. Mindez összecseng a N-nel jól ellátott talajon képződött nagyobb átlagtermések kifejezettebb K-felvételével. A szántott feltalaj NO₃-N koncentrációja tükrözte a növekvő N-terheléseket. A növényi N-felvételt meghaladó N-trágyázással azonban főként az altalaj NO₃-N tartalma dúsulhat. Így pl. a kísérletünk 11. évét követően végzett vizsgálataink szerint a N bemosódása elérte a 2,5-3,0 m-t ezen a termőhelyen. A 3 m-es talajprofilban a NO₃-N készlete 135 kg/ha volt a trágyázatlan, ill. 1338 kg/ha a 300 kg/ha/év N-adagú kezelésben (Kádár et al. 2001).

Megemlítjük még, hogy az NH₄-acetát + EDTA oldható Mn 420, míg az Pb 5-6 mg/kg értéket mutatott átlagosan a kezelésektől függetlenül. Általában 0,1 mg/kg

méréshatár alatti koncentrációt jelzett a Se, Mo és a Hg. Összefoglalva eddigi adatainkat arra a megállapításra juthatunk, hogy az elmúlt évtizedekben alkalmazott műtrágyák nem jelentettek érdemi nehézfém vagy káros elem szennyezést hazai talajainkra. A szakszerűtlen N-túltrágyázás viszont komolyan veszélyeztethette a talajvizeket érzékeny vízbázisok területén.

7.4. Termés és minőség

2. táblázat NPK-ellátás hatása a borsó és a gyomok borítottságára 1990. 05. 18-án

Vizsgált jellemzők	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására, % (PK átlagában)						
Borsó	61,6	61,1	56,4	49,4	4,5	57,1
Összes gyom	2,9	3,2	3,8	5,2	1,0	3,8
<i>AMABL</i>	0,7	1,2	1,5	3,1	1,1	1,6
<i>BILCO</i>	0,5	0,7	1,1	1,3	0,8	0,9
<i>CHEAL</i>	0,5	0,4	0,6	1,0	0,6	0,6
<i>CHEHY</i>	0,4	0,4	0,6	0,5	0,2	0,5
<i>DIPMU</i>	0,4	0,4	0,6	0,5	0,2	0,5
<i>STAAN</i>	0,4	0,4	0,6	0,4	0,1	0,4
P hatására, % (NK átlagában)						
Borsó	51,4	57,0	58,0	62,0	4,5	57,1
Összes gyom	2,1	3,2	4,7	5,0	1,0	3,8
<i>AMABL</i>	0,6	1,1	2,3	2,6	1,1	1,6
<i>BILCO</i>	0,4	0,5	0,7	1,9	0,8	0,9
<i>CHEAL</i>	0,4	0,5	0,6	1,0	0,6	0,6
<i>CHEHY</i>	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,5
<i>DIPMU</i>	0,3	0,5	0,5	0,6	0,2	0,5
<i>STAAN</i>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,1	0,4
K hatására, % (NP átlagában)						
Borsó	51,9	59,5	57,7	57,1	4,5	57,1
Összes gyom	3,4	3,2	3,7	4,7	1,0	3,8
<i>AMABL</i>	1,6	1,2	1,3	2,5	1,1	1,6
<i>BILCO</i>	0,5	0,9	0,9	1,2	0,8	0,9
<i>CHEAL</i>	0,4	0,5	0,6	1,0	0,6	0,6
<i>CHEHY</i>	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5
<i>DIPMU</i>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2	0,5
<i>STAAN</i>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,1	0,4

Megjegyzés: az átlagos gyomfajszám a N-túlsúly nyomán igazolhatóan csökkent 6,7-ről 5,6-ra. A borsófedettség 40-72 %, összes gyomfedettség 1,2-11,2 %, *AMABL*-fedettség 0,2-9,1 % között változott a kezelések függvényében.

A 2. táblázat adatai szerint a 100 kg/ha/év N-trágyázást meghaladó N-terheléssel csökkent a borsó, ill. nőtt a gyomborítás. A javuló P-ellátással viszont mind a borsó, mind a gyom borítottsága emelkedett, depresszív hatás nem jelentkezett. A K-trágyázás a K1 szintig fokozta a borsófedettséget, míg a

gyomfedettség tovább nőtt a K-túlsúlyos talajon is. A kölcsönhatások eredményeképpen a borsófedettség 40 (N3P0K0) és 72 % (N1P3K1), a gyomborítás 1,2 (N0P0K0) és 11,2 % (N3P3K3) között ingadozott. A táblázatból az is látható, hogy döntően néhány nagy testű kétszikű gyomfaj hasznosította a túltrágyázási szituációt, különösen a henye disznóparéj, melynek borítottsága a 9 %-ot érte el az N3P3K3 kezelésben.

Levonható az a következtetés, hogy a szakszerűtlen műtrágyázással, ill. a túltrágyázással csökkenhet a kultúrnövénnyel való borítottság. Ugyanakkor a széles gyomspektrumból olyan fajok indulnak erőteljes fejlődésnek, melyek képesek hasznosítani az extrém tápláltsági szituációt. Trágyázással a gazdanövény x gyomok közötti konkurencia-viszonyokat módosítjuk. Okszerű táplálással javulhat, szakszerűtlen műtrágyázással gyengülhet a gazdanövény konkurenciaképessége, gyomelnyomó ereje.

3.táblázat NPK-ellátás és a borsó fejlődése, gyomosodása és terméselemei, 1990

P-és K ellátottság	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
*Bonitálás állományra május 11-én						
P ₀	2,6	2,5	2,5	2,1		2,4
P ₁	4,0	3,5	3,4	3,0	0,8	3,5
P ₂	4,4	3,9	3,9	3,6		4,0
P ₃	4,8	4,4	4,5	4,0		4,4
Átlag	4,0	3,6	3,6	3,2	0,4	3,6
**Bonitálás gyomosságra május 11-én						
P ₀	1,0	1,5	1,4	1,8		1,4
P ₁	1,5	1,8	2,4	2,5	0,8	2,0
P ₂	1,6	1,8	3,6	3,3		2,6
P ₃	1,9	2,9	4,1	4,4		3,3
Átlag	1,5	2,0	2,9	3,0	0,4	2,4
Hüvelyszám 10 ⁶ db/ha június 28-án						
P ₀	2,34	2,03	1,91	2,09		2,09
P ₁	2,31	2,86	2,72	2,11	0,42	0,50
P ₂	2,64	2,66	2,23	2,31		2,46
P ₃	2,46	2,33	2,45	2,12		2,34
Átlag	2,44	2,47	2,33	2,16	0,21	2,35
1000-mag tömege g, június 28-án						
K ₀	178	178	185	188		1,82
K ₁	185	192	198	203	7	1,94
K ₂	185	193	202	202		1,95
K ₃	189	198	199	211		1,99
Átlag	184	190	196	201	3	1,93

*1-fejletlen ritka, 5- fejlett sűrű buja; **1-gyommentes, 5-erősen gyomos állomány

Az elmondottakat a korábbi bonitálási eredmények is alátámasztják, amelyeket az NxP kölcsönhatásokat bemutató kétirányú 3. táblázatban foglaltunk össze. Az egyoldalú N-túlsúlyos kezelésben az állomány kiritkult és fejletlen

maradt május 11-én. Ekkor még a 100 kg/ha/év N-trágyázás is depresszívnek bizonyult, ill. domináltak a P-hatások. A kontroll talaj viszonylag gyommentes maradt, míg az NP-túltrágyázott erősen elgyomosodott. Aratás idején mért hüvelyszám szintén jelzi a N-túlsúly (100 kg/ha/év feletti N-adagok) gátló hatását. Az érés kori, generatív fejlődési fázis viszonyait tükrözi az 1000-magtömeg. Ekkor a P-hatások elmaradtak, ill. igazolható NxK pozitív hatások jelentkeztek.

4. táblázat N-, P-ellátottság hatása a borsó légszár az termésére, 1990

Vizsgált jellemzők	N-, ill. P-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására (PK átlagai)						
Hajtás ¹	0,74	0,68	0,62	0,58	0,05	0,65
Szár ²	1,12	1,18	1,18	1,10	0,10	1,15
Szár ³	1,17	1,36	1,41	1,20	0,12	1,29
Hüvely ²	0,54	0,57	0,58	0,55	0,05	0,56
Hüvely ³	0,54	0,59	0,53	0,51	0,05	0,54
Mag ²	1,14	1,14	1,10	1,03	0,10	1,10
Mag ³	1,68	1,83	1,74	1,69	0,16	1,73
P hatására (NK átlagai)						
Hajtás ¹	0,56	0,62	0,69	0,74	0,05	0,65
Szár ²	1,02	1,18	1,17	1,22	0,10	1,15
Szár ³	1,12	1,26	1,33	1,43	0,12	1,29
Hüvely ²	0,50	0,59	0,57	0,58	0,05	0,56
Hüvely ³	0,49	0,57	0,57	0,53	0,05	0,54
Mag ²	1,02	1,15	1,11	1,13	0,10	1,10
Mag ³	1,58	1,86	1,76	1,73	0,16	1,73
K hatására (NP átlagai)						
Hajtás ¹	0,60	0,65	0,69	0,68	0,05	0,65
Szár ²	1,05	1,18	1,16	1,20	0,10	1,15
Szár ³	1,16	1,36	1,38	1,25	0,12	1,29
Hüvely ²	0,54	0,58	0,54	0,58	0,05	0,56
Hüvely ³	0,50	0,55	0,57	0,55	0,05	0,54
Mag ²	1,06	1,09	1,11	1,15	0,10	1,10
Mag ³	1,55	1,77	1,88	1,73	0,16	1,73

¹ május 11-én, ² zöldborsó június 8-án, ³ szárazborsó június 28-án. A hajtás 11%, a szár 19 %, hüvely 14 %, mag 23 % szárazanyagot tartalmazott.

A borsó szerveinek légszár az tömegét a 4. táblázatban tanulmányozhatjuk külön a N, P és K ellátás függvényében. Május 11-én a föld feletti hajtás átlagos mennyisége 0,65 t/ha, a zöldborsó szára 1,15, hüvelye 0,56, magtermése 1,10 t/ha, azaz összesen 2,81 t/ha mennyiségű légszár az anyagot adott. A szárazborsó 20 nappal később 1,29 t szár, 0,54 t hüvely és 1,73 t magterméssel rendelkezett ha-onként, azaz 3,56 t/ha légszár az anyagot adott. Érés kor tehát döntően a mag tömege nőtt, mégpedig 64 %-kal a 20 nap alatt. Feltehetően a szár és a hüvely tápelemekben elszegényedett, tápanyagai a növekvő magba vándoroltak.

Megemlítjük, hogy a szárazborsó magtermése a trágyázatlan kontroll talajon 1,48 t, míg a legkedvezőbb N1P1K1 kezelésben 2,17 t/ha mennyiséget tett ki, a trágyahatás mértéke tehát 68 %-nak adódik. A zöldborsó friss magtermése ugyanitt 3,41 és 5,20 t/ha között változott. Május 11-én a hajtás átlagosan 11 %, a zöldborsó szára június 8-án 19 %, a hüvelye 14 %, a magja 23 % szárazanyagot, a szárazborsó szára, hüvelye és magtermése egyaránt 84 % szárazanyagot tartalmazott. A szárazanyag mennyisége átlagosan 2 %-kal mérséklődött a túltrágyázásban részesült parcellákon a trágyázatlanhoz képest minden növényi szervben a tenyészidő folyamán.

Amennyiben a trágyahatásokat elemenként és növényi szervenként vizsgáljuk megállapítható, hogy a borsó fiatal hajtása N-igényét még N-trágyázás nélkül is ki tudta elégíteni ezen a 17 éve N-nel nem trágyázott humuszos csernozjomon. A június 8-án és 28-án mért terméselemek optimumát a 100 kg/ha/év kezelésben találjuk. Az ezt meghaladó N-adagolás szignifikánsan nem növelte a termést, ellenkezőleg, a maximális N-adag terméscsökkenést okozott.

5. táblázat N-trágyázás hatása a szárazborsó aminosav-tartalmára, 1990

Aminosav	N0	N100	N200	N300	SzD _{5%}	Átlag
Esszenciális aminosavak (fehérje %-ában)						
Lizin	9,26	8,48	7,14	7,18	0,90	8,02
Leucin	6,91	6,45	6,63	6,08	0,90	6,52
Fenilalanin	4,45	4,04	4,02	4,05	0,66	4,14
Valin	4,22	4,23	3,63	4,09	0,80	4,04
Tirozin	3,42	3,20	2,96	3,16	0,40	3,18
Izoleucin	3,48	3,52	3,11	3,15	0,55	3,32
Treonin	4,38	3,82	2,92	3,33	0,40	3,61
Metionin	0,54	0,56	0,44	0,74	0,22	0,57
Triptofan	0,41	0,62	0,53	0,56	0,22	0,53
Cisztin	0,40	0,41	0,31	0,34	0,14	0,36
Összesen	37,5	35,3	31,7	32,7	2,3	34,3
Nem esszenciális aminosavak (fehérje %-ában)						
Glutaminsav	16,2	15,6	14,6	13,2	1,8	14,9
Argininsav	10,4	10,5	11,1	12,4	1,0	11,1
Asparagin	10,8	10,5	10,1	10,0	0,8	10,4
Szerin	5,8	5,4	4,3	4,3	0,6	5,0
Alanin	4,6	4,2	3,7	4,4	0,9	4,2
Prolin	4,4	3,9	4,0	4,2	0,6	4,1
Glicin	4,1	4,1	3,8	3,9	0,4	4,0
Hisztidin	3,2	3,0	2,9	3,1	0,4	3,0
Összesen	59,5	57,2	55,1	54,9	3,3	56,7
Mindösszesen	97,0	92,5	86,8	87,6	5,0	91,0
Nyersfehérje %	23,1	27,4	28,6	29,7	1,1	27,0

A P-kísérletben azt találtuk, hogy a vegetatív fiatal növényi részek (hajtás, szár) számára inkább előnyös volt a P-túlsúly, depresszió nem jelentkezett. A hüvely és a magtermés viszont egyértelműen elérte maximumát a 120-130 mg/kg

AL-P₂O₅ ellátottságú talajon, a P1-ellátottsági szinten. Szignifikáns terméstartományokat nem kaptunk hasonlóképpen a K1-ellátottság, azaz a 180-190 AL-K₂O ellátottság felett. Hasonló termesztési viszonyok között tehát ezek az AL-PK értékek jelezhetik a kielégítő ellátottságot a szaktanácsadás számára. A N esetében az optimum 0-100 kg/ha/év közötti tartományban valószínűsíthető.

Az 5. táblázat eredményei szerint a magfehérje a borsóra jellemző aminosav-összetételt mutatta. Az esszenciális aminosavak közül a lizin és leucin fordult elő 6-9 % körüli mennyiségben, míg a metionin, triptofán és cisztin 0,5 % körül vagy alatt maradt. A nem esszenciális aminosavaknál dominált a glutaminsav, argininsav és aszparagin 10-16 % közötti koncentrációban. Megállapítható, hogy N hatására az arginin kivételével általában csökkent az egyes aminosavak mennyisége. Ez a csökkenés közel 5-5 %-ot tett ki mind az esszenciális, mind a nem esszenciális garnitúrában. A kontroll talajon a magfehérje 97 %-át, míg a N-nel túltrágyázotton csupán 87 %-át alkotják az aminosavak. A nyersfehérje (N x 6,25) a kontroll magtermésében 23, míg a maximális N-adagnál 30 %-ot ért el. A P és K ellátottsági szintek az aminosav összetételét igazolhatóan nem befolyásolták, így külön tárgyalásuktól eltekintünk.

A patkánycsoportok a 10. nap után megállapított átlagos testtömeg gyarapodása a P-kezelések nyomán 2-3-szorosára emelkedett, azaz a kontrollon mért 5 %-ról 10-14 %-ra. A N-hatások nem voltak igazolhatók. A magtermés átlagos P-tartalma 0,33, 0,44, 0,49, 0,52 %-ot tett ki a P0, P1, P2, P3 ellátottsági szinteken. Az elfogyasztott takarmány-nyersfehérje beépült %-át, azaz a nettó fehérjehasznosítást (NPU) vizsgálva megállapítható, hogy a N-trágyázással csökkent a fehérjehasznosítás, míg a P-trágyázás ezzel ellentétesen hatott.

6. táblázat NxP műtrágyázás hatása a patkányok testtömegének gyarapodására és a nettó fehérje-hasznosításukra etetési kísérletben (Állatorvostudományi Egyetem Takarmányozástani Tanszéke)

N-műtrágyázás N kg/ha/év	P-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
¹ Relatív testtömeg-gyarapodás többlet %-a						
0	7	7	14	15		11
100	1	13	16	13	10	11
200	6	13	20	8		12
300	5	9	6	15		9
Átlag	5	10	14	13	5	11
² Nettó fehérjehasznosítás (NPU index)						
0	58	64	69	71		66
100	47	66	68	70	10	63
200	53	63	65	59		60
300	54	58	57	67		59
Átlag	53	63	65	67	5	62

¹ A patkányok kezdő testtömegéhez viszonyítva a 10. nap után; ² Az elfogyasztott nyersfehérje (Nx6,25) beépült %-a. Megjegyzés: a borsómag átlagos P-tartalma 0,33, 0,44, 0,49, 0,52 % volt a P0, P1, P2, P3 ellátottsági szinteken.

Maximális fehérjebeépülést az egyoldalúan P-túlsúlyos takarmány eredményezett. Adatainkat a 6. táblázat foglalja össze, melyeket a rövid idejű etetési kísérlet körülményei miatt tájékoztató jellegűnek tekintünk.

Összefoglalás

1. Szuperfoszfát műtrágyázással nemcsak a különböző módszerekkel (ammóniumlaktát, NaHCO_3 , NH_4 -acetát+EDTA) meghatározott oldható P-tartalom nőtt meg a szántott rétegben, hanem az oldható Sr készlete is csaknem megkétszereződött. Az alkalmazott szuperfoszfátok Sr-szennyezettsége ugyanis az 1-2 %-ot is elérte. A K-műtrágyázás növelte a talaj oldható K, Mg, Na, Al, Fe, Ba, Ni, valamint csökkentette a Zn készletét. Az 50 %-os kálisó összetétele csak a Na és Mg elemek dúsulására ad magyarázatot a feltalajban.
2. A N-trágyázás hatása tükröződött az emelkedett NO_3 -N koncentrációkban, valamint a mérsékeltabb oldható K-készletben. Utóbbi összefügghet a N-trágyázott parcellákon képződött nagyobb mérvű átlagtermésekkel, ill. a 17 év alatt itt kivont tetemesebb K mennyiségével.
3. A 100 kg/ha/év feletti N-adagoknál az állomány kiritkult, elgyomosodott, csökkent a szár, hüvely és a mag termése. A P és K túltrágyázás depressziót nem okozott. Korai fejlődési stádiumban a P, érés idején a N és K elemek hatásai domináltak. Optimálisnak a 0-100 kg/ha/év körüli N, valamint a 120-130 mg/kg AL- P_2O_5 , ill. 180-190 mg/kg AL- K_2O ellátottság minősülhet ezen a talajon.
4. A N-kontroll magtermésben a nyersfehérje 23, a maximális N-adagnál 30 %-ot ért el. Arginin kivételével a N-hatások eredményeképpen az aminosavak mennyisége csökkent. Ez a csökkenés mind az esszenciális, mind a nem esszenciális garnitúrában összesen 5-5 %-ot tett ki. A N-hiányos talajon a magfehérje 97, míg a N-túlsúlyos talajon 87 %-át alkották aminosavak. A P-kezelések igazolhatóan nem módosították a magfehérje aminosav összetételét.
5. Állatetetési kísérletben a fiatal patkányok testtömeg-gyarapodása 2-3-szorosára emelkedett a P-ban gazdag borsómag etetésével, valamint 10-15 %-kal javult a nettó fehérjehasznosítás (NPU) is a P-kontrollhoz viszonyítva. A N-trágyázás ezzel ellentétesen hatott.

7.5. A borsó elemtartalma és elemfelvétele

A továbbiakban az alábbi kérdésekre keressük a választ:

- Hogyan változhat a borsó szerveinek ásványi összetétele, makro- és mikroelem tartalma a talaj NPK-kínálata függvényében?
- Miként alakul a növény elemfelvétele és milyen fajlagos mutatókkal dolgozzon a szaktanácsadás a tervezett termés elemigényének számításakor?
- Ikalmasak lehetnek-e a kapott növényelemzési adatok diagnosztikai célokra, ill. a fiatal hajtás összetétele iránymutatóul szolgálhat-e a borsó tápláltsági állapotának megítélésében?
- Mi történik a növényi felvételt meghaladó műtrágya eredetű nitrogénnel a talajban? Mennyiben mutatható ki NO_3 -N formában és milyen sebességgel mozoghat a talajvíz felé e termőhelyen?

A *Spector (1956)* által összeállított Biológiai Adatok Kézikönyve szerint a fiatal hajtás-zöld mag-száraz mag összetétele az érés folyamán jelentősen módosulhat. A nitrogén és foszfor koncentrációja megnő, míg a K-, Ca-, Mg- és S-tartalom lecsökken a száradó magvakban. *Tölgyesi (1969)* a borsó változékonysági ásványi-anyag-tartalmát hangsúlyozza a termőhely függvényében. Szerinte a mag átlagosan 1,24% K-, 1,10% Ca-, 0,44% P-, 33 mg/kg Zn-, 15 mg/kg Mn- és 9 mg/kg Cu-készlettel rendelkezik. *Győri és Bocz (1991, 1992)* több éves műtrágyázási kísérletben igazolták, hogy a borsó szerveinek makro- és mikroelem-tartalma egyaránt tág határok között változhat az évek/időjárás és a trágyázás függvényében.

Ami a fajlagos, azaz az 1 t mag és a hozzá tartozó melléktermés elemkészletét illeti, viszonylag kevés adatot találunk a hazai irodalomban. *Iványiné (1973)* 2 t mag + 3 t szalma termésként 115 kg N, 31 kg P₂O₅ és 40 kg K₂O felvételével számolt, ami 57–16–20 kg N–P₂O₅–K₂O/t fajlagos értéket jelent. A hazai szaktanácsadásban a borsóra 50–17–35–32–6 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg/t tervezett főtermésre ajánlasként szerepel (*Buzás et al., 1987; Antal, 1987*). Saját kísérletünkben korábban kapott fajlagos N, P és K mutatók jól egyeztek a szaktanácsadási ajánlással, míg a meszes termőhelyen a Ca, Mg fajlagos értékek 30–40%-kal nagyobbak voltak (*Kádár et al., 2001*).

A zöldborsó átlagosan 22, a száraz borsó 86% szárazanyagot tartalmaz és elemi összetételük is különbözhet. Ebből eredően a zöldborsó fajlagos mutatói eltérnek a száraz borsótól. *Antal (1987)* az alábbi fajlagosokat közli zöldborsóra (kg/t szemtermésre és a hozzá tartozó melléktermésre számolva): 19–5,6–15–10–2 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO. A saját kísérletünkben kapott fajlagos N-, P- és K-tartalmak ehhez közelállónak bizonyultak, míg a CaO és MgO értékei 50–60%-kal nagyobbak voltak a meszes termőhelyet tükrözve (*Kádár et al., 2001*). Megemlítjük, hogy a vizsgált Smaragd fajta 3,8 t szár + 1,1 t hüvely + 2,6 t mag, azaz összesen 7,5 t/ha légszáraz anyagot adott.

Ismert, hogy a fotoszintetizáló fiatal hajtás, vagy a virágzás kezdetén vett kifejlett levél összetétele iránymutatóul szolgálhat a tápláltsági állapot megítélésében. A hajtás és a levél elemtartalma ebben a korban közelálló. *Bergmann (1992)* az alábbi optimumokat közli levélre: 3–4% N; 2,5–3,5% K; 0,5–2,0% Ca; 0,25–0,60% Mg; 0,25–0,50% P; 30–100 mg/kg Mn; 30–70 mg/kg B; 25–70 mg/kg Zn; 7–15 mg/kg Cu és 0,4–1,0 mg/kg Mo a szárazanyagban. Saját korábbi kísérletünkben végzett levelelemzés eredményei alapján ezeket az optimumokat megfelelőnek minősíthetjük a szaktanácsadás számára (*Kádár et al., 2001*).

Külön elemeztük a május 11-én virágzás előtt vett hajtást, a június 8-án mintázott zöldborsó, valamint a június 28-án betakarított száraz borsó szárát, hüvelyét és magját. A mintákat analízis előtt ismétlésenként egyesítettük, így összesen 64×7 = 448 db mintát vizsgáltunk 25 (hajtás, zöldborsó), ill. 9 (száraz borsó) elemre. Amint az 1. táblázatban látható, nitrogénben leggazdagabb volt a fiatal hajtás, valamint a száraz borsó és a zöldborsó magja. Az előregedő szár és hüvely N-készlete gyorsan csökkent.

Amint arra *Márkus és Bártfainé (1953)* részletes vizsgálatai rámutattak, a növekvő magba történik a nitrogén beáramlása, ahol erősödik a fehérjésintézis. Az oldható N-vegyületek forrása a levélen, ill. leveles száron kívül a hüvely is. A

hüvely N-készlete 20 nap alatt csaknem a felére (2,0%-ról 1,1%-ra) mérséklődött a kísérlet átlagában. A 8. táblázatból az is megfigyelhető, hogy minden növényi szerv jól mutatja a N-trágyázás hatását. Kétségtelen, hogy a luxusfelvétel a fiatal hajtásban a leginkább kifejezett, ezért kiválóan alkalmas lehet a növény N-ellátottságának jellemzésére.

7. táblázat A talaj NPK-ellátottságának és a légszáras borsó elemtartalma, 1990

Növényi szervek	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N% a N-szinteken (PK átlagai)						
Hajtás ¹	3,75	4,76	4,83	5,30	0,25	4,66
Szár ²	2,05	2,40	2,61	2,70	0,17	2,44
Szár ³	1,19	1,58	1,85	1,91	0,16	1,63
Hüvely ²	1,40	1,89	2,27	2,43	0,14	2,00
Hüvely ³	0,87	1,05	1,15	1,29	0,10	1,09
Mag ²	3,50	4,27	4,52	4,71	0,18	4,25
Mag ³	3,69	4,39	4,58	4,75	0,16	4,35
P% a P-szinteken (NK átlagai)						
Hajtás ¹	0,21	0,31	0,37	0,41	0,03	0,32
Szár ²	0,08	0,13	0,17	0,19	0,02	0,14
Szár ³	0,10	0,12	0,14	0,18	0,02	0,13
Hüvely ²	0,09	0,16	0,21	0,22	0,03	0,17
Hüvely ³	0,07	0,10	0,11	0,12	0,02	0,10
Mag ²	0,34	0,43	0,48	0,53	0,03	0,44
Mag ³	0,34	0,44	0,49	0,52	0,02	0,45
Mn (mg/kg) a P-szinteken (NK átlagai)						
Hajtás ¹	40	41	45	47	4	43
Szár ²	50	64	66	69	5	62
Szár ³	94	103	101	101	14	100
Hüvely ²	13	15	16	16	1	15
Hüvely ³	26	27	25	26	5	26
Mag ²	14	15	15	16	1	15
Mag ³	14	15	15	15	1	15
Zn (mg/kg) a P-szinteken (NK átlagai)						
Hajtás ¹	20	17	15	14	2	16
Szár ²	18	13	10	10	3	13
Szár ³	24	16	15	13	3	17
Hüvely ²	11	9	8	7	1	9
Hüvely ³	13	12	10	8	3	11
Mag ²	32	25	21	18	2	24
Mag ³	31	21	17	14	2	20

¹ 05. 11-én, ² zöldborsó 06. 08-án, ³ száraz borsó 06. 28-án

A foszfor főként a magban és a hajtásban akkumulálódott. Az előregedő szár, de leginkább a hüvely mutat gyors kiürülést, melynek P-készlete a magba vándorolt. A növekvő P-kínálattal a vegetatív növényi részek P-tartalma átlagosan megkétszereződik, de a magban is mintegy 50%-os növekedés tapasztalható a P-trágyázás nyomán. A vegetatív növényi szervekben javult a mangán felvétele a

növekvő P-kínálattal. Az előregedő szár és hüvely Mn-készlete idővel 50–70%-kal emelkedett. A mangán tehát az előregedés elemeként jelenik meg és felvétele a foszforral szinergizmust mutat. A cink esetében a kép eltér. Kifejezett a P–Zn antagonizmus, mely a korral erősödik ezen a Zn tápelemmel gyengén ellátott termőhelyen. A száraz borsó magtermésében a Zn-tartalom már a felére csökken a foszforral túltrágyázott parcellákon.

A cink elsősorban a generatív szemtermésben halmozódott fel, míg a hüvely és részben a szár a legszegényebb ezen elemben. A cink jelenléte elengedhetetlen a fehérjészintézisben és a szaporodásban. Sokoldalú élettani szerepe ad magyarázatot arra, hogy a szemtermésben egy minimális koncentrációban előforduljon. Megállapítható az is, hogy a P-túltrágyázás Zn-hiányhoz vezethet ezen a termőhelyen (7. táblázat).

A 8. táblázatban a K-ellátás hatását tanulmányozhatjuk a borsó szerveinek kation-összetételére. Káliumban leggazdagabb a hajtás, legszegényebb a száraz borsó magja. A K-luxusfelvétel szerve a szár, melyben 3-szoros különbségek is kialakulnak a K-trágyázás nyomán. A kalcium szintén a vegetatív részekben, főként a szárban mutat dús készletet, míg a magtermés nagyságrenddel szegényebb ezen elemben. Nyomon követhető a K–Ca antagonizmus, a K túlkínálat akadályozza a kalcium beépülését még ezen a meszes talajon is.

A magnézium viszonylag egyenletesebb átlagos megoszlást jelez a növényi részek között és a koncentráció csökkenése is megfigyelhető. A hajtás és a fiatal szár Mg-tartalma a mag felé haladva felére mérséklődik. A K–Mg antagonizmus pregnánsabban kifejeződik, különösen a hajtásban, szárban. A K-túltrágyázás bizonyos esetekben tehát Mg-hiányt is indukálhat. Még inkább megjelenik a K–Na antagonizmus a két egy vegyértékű mobilis elem között. Elsősorban a fejlődés korai szakaszában, a hajtásban és a szárban, mely szervek mindkét elem raktárai. A mag nagyságrenddel kevesebb nátriumot épít testébe (8. táblázat).

Az NPK-ellátottság némileg módosította az egyéb mikroelemek mennyiségét is a vizsgált zöldborsóban. Így pl. a növekvő K-kínálat mérsékelte a bór, ill. növelte a bárium beépülését. A N-trágyázás hatására csökkent a réz és kifejezettebben a molibdén, valamint nőtt a hajtás kobalt koncentrációja. A réz és molibdén csökkenése a magban is igazolható volt. A Cd-tartalom emelkedését csak a hajtás jelezte (9. táblázat).

Élettani–agronómiai szempontból a bemutatott változások közül főként azok lehetnek fontosak, melyek a magtermésben is érdemlegesek: Cu és Mo esszenciális elemekben való elszegényedés a N-túlkínálat esetén. Látványosan módosult a borsó vizsgált szerveinek Sr-tartalma a P×K kölcsön-hatások eredményeképpen. A Sr-tartalmú szuperfoszfát-kezelés növelte, míg a kation-antagonizmust kiváltó kálium csökkentette a stroncium beépülését. A P×K trágyázás 2,4-szeres különbségeket indukált a Sr-koncentrációban, melyek minden növényi részben kifejezettek. Az átlagos Sr-készlet a zöldborsó szárában 100, hüvelyében 46, míg magjában 5–6 mg/kg értéket mutatott a légszáraz anyagban. Jelenlegi ismereteink szerint e megnövelt Sr-mennyiség, amely a táplálékláncba kerülhet, érdemi élettani szerepet nem játszik az élő szervezetekben (10. táblázat).

8. táblázat A talaj K-ellátottsága és a légszáraz borsó elemtartalma, 1990

Növényi szervek	AL- oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	125	186	332	466		
K% (NP átlagai)						
Hajtás ¹	1,93	2,19	2,78	3,02	0,26	2,48
Szár ²	0,69	1,58	2,00	2,21	0,14	1,62
Szár ³	0,56	1,04	1,43	1,57	0,19	1,15
Hüvely ²	1,04	1,40	1,50	1,54	0,07	1,37
Hüvely ³	0,79	1,28	1,50	1,51	0,14	1,27
Mag ²	0,98	1,05	1,08	1,13	0,05	1,06
Mag ³	0,85	0,89	0,91	0,90	0,03	0,89
Ca% (NP átlagai)						
Hajtás ¹	2,66	2,04	1,83	1,73	0,22	2,07
Szár ²	4,28	3,46	3,11	3,16	0,37	3,50
Szár ³	2,50	2,42	2,43	2,21	0,18	2,39
Hüvely ²	1,15	1,05	1,00	0,99	0,07	1,05
Hüvely ³	1,96	1,68	1,62	1,60	0,14	1,72
Mag ²	0,14	0,12	0,13	0,11	0,02	0,12
Mag ³	0,20	0,16	0,17	0,17	0,02	0,17
Mg% (NP átlagai)						
Hajtás ¹	0,45	0,32	0,30	0,29	0,03	0,34
Szár ²	0,77	0,42	0,35	0,34	0,04	0,47
Szár ³	0,47	0,33	0,30	0,27	0,03	0,34
Hüvely ²	0,34	0,30	0,29	0,29	0,02	0,31
Hüvely ³	0,30	0,26	0,24	0,24	0,02	0,26
Mag ²	0,17	0,17	0,17	0,18	0,02	0,17
Mag ³	0,15	0,14	0,14	0,14	0,01	0,14
Na, mg/kg (NP átlagai)						
Hajtás ¹	772	262	130	116	63	320
Szár ²	522	350	273	199	58	336
Szár ³	746	425	364	386	104	480
Hüvely ²	322	310	243	224	85	275
Hüvely ³	413	345	296	284	77	334
Mag ²	229	244	193	174	40	210
Mag ³	49	26	24	23	4	30

¹ 05. 11-én, ² zöldborsó 06. 08-án, ³ száraz borsó 06. 28-án

A zöldborsó elemforgalmát átfogóan a hazai agrokémiai szakirodalom még nem taglalta hasonló trágyázási tartamkísérletben, ezért igyekeztünk a hagyományos makro- és mikroelemeken túl a ritkán vizsgált és részben toxikusnak tekintett nyomelemekre is kitérni. Erre az ICP-technika lehetőséget adott. Amint a *II. táblázatban* megfigyelhető, a vegetatív szervek akkumulálták az Al, Fe, Si, B, Ba és Ti elemek nagyobb részét. A Cu, Ni, Mo és Cr elemek szerepe a magképződésben jelentős, mennyiségük eléri vagy meghaladja a melléktermését. Az As, Cd, Hg, Pb, Se és V elemek előfordulása a 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt.

9. táblázat A talaj NPK-ellátottsága és a légszár az borsó egyéb elemtartalma, 1990

Növényi szervek	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
B, mg/kg (K hatására)						
Hajtás ¹	16,8	13,0	12,3	11,6	0,7	13,4
Hüvely ²	9,0	9,2	8,5	8,8	0,5	8,9
Mag ²	5,6	4,3	3,9	4,2	0,3	4,5
Cu, mg/kg (N hatására)						
Hajtás ¹	7,7	7,0	6,8	6,2	1,0	6,9
Hüvely ²	5,0	3,6	3,5	3,5	0,7	3,9
Mag ²	7,9	7,5	6,9	6,0	1,4	7,1
Ba, mg/kg (K hatására)						
Hajtás ¹	6,7	6,7	10,0	11,5	1,5	8,7
Hüvely ²	3,3	4,2	6,3	6,0	0,9	5,0
Mag ²	0,8	1,1	1,3	1,6	0,4	1,2
Mo, mg/kg (K hatására)						
Hajtás ¹	0,87	0,61	0,43	0,34	0,10	0,56
Mag	1,28	0,97	0,78	0,77	0,19	0,95
Co, mg/kg (N hatására)						
Hajtás ¹	0,09	0,09	0,11	0,15	0,05	0,11
Cd, mg/kg (P hatására)						
Hajtás ¹	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,03

¹05. 11-én, ²zöldborsó 06. 08-án

Május 11. és június 8-a között a borsó föld feletti légszár anyaghozama átlagosan mintegy a 4-szeresére nőtt. A 12. táblázat adatai szerint a felvett elemek mennyisége is általában 3–4-szeresére emelkedett. Az átlagok jelentős különbségeket takarnak. A zöldborsó szerveibe épült elemek minimumát általában a trágyázatlan kontroll-, maximumát az N₃P₃K₃-kezelésekben mértük. A nitrogén esetében a szárban 19–37, a hüvelyben 6–16 kg/ha értéket mértünk, az összes felvett N 59–116 kg/ha értéket mutatott. A K-felvétel a szárban 6–30, hüvelyben 5–10, magban 1–2, azaz összesen 21–55 kg/ha; a P-felvétel hasonlóképpen a szárban 0,7–2,6, hüvelyben 0,4–1,5, magban 3,3–7,1, azaz összesen 4,4–11,2 kg/ha extrém értékekkel volt jellemezhető.

A mikroelemek felvételében ezek a nagy különbségek csak a mangán, cink és réz esetén voltak kifejezettek. A szár, hüvely, mag, ill. az összes beépült elem sorrendjét tekintve a mangán 44–94, 6–11, 14–21, ill. 64–126 g/ha; a cink 16–13, 5–4, 31–24, ill. 52–41 g/ha, míg a réz 5–9, 2–3, 6–8, ill. 13–20 g/ha extrém adatokat mutatott. A Sr-felvételben előforduló 3–4-szeres extrémításokat, minimum–maximum eltéréseket a P₀K₃- és a P₃K₀-kezelések között találtuk. A 12. táblázat eredményeiből az is megállapítható, hogy a magtermés halmozta fel a N, P, Zn, Cu, Ni, Mo és Cr elemek nagyobb részét, míg a 12 kimutatott egyéb elem tárolója alapvetően a szár. Megnyugtató, hogy olyan, aggodalomra okot adó vagy nemkívánatosnak tekintett elemek felvétele, mint az As, Cd, Hg és Pb 0,1 g/ha alatt maradhatott.

10. táblázat A talaj P×K-ellátottsága és a légszáraz borsó Sr-tartalma (mg/kg) 1990

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	125	186	332	466		
Hajtásban május 11-én						
96	53	42	36	37		42
129	96	74	59	61	14	72
214	126	102	74	86		97
311	158	119	119	106		121
Átlag	108	84	68	72	7	83
Szárban június 8-án						
96	64	62	54	52		58
129	97	87	82	76	24	86
214	143	125	119	65		113
311	164	156	151	98		142
Átlag	117	108	102	73	12	100
Hüvelyben június 8-án						
96	31	30	29	30		30
129	44	38	38	40	8	40
214	56	50	47	50		51
311	76	61	61	58		64
Átlag	52	45	44	44	4	46
Magban június 8-án						
96	3,6	3,4	3,3	3,1		3,4
129	5,0	4,4	4,7	5,5	1,6	4,9
214	7,1	5,1	5,9	6,5		6,2
311	9,4	8,3	7,0	5,9		7,7
Átlag	6,3	5,3	5,2	5,3	0,8	5,5

11. táblázat A zöldborsó szerveinek egyéb átlagos elemtartalma, 1990

Elem jele, mértékegység	Hajtás május 11-én	Szár	Hüvely	Mag	
		zöldborsó június 8-án			
Al	mg/kg	332	334	280	222
Fe	mg/kg	125	226	59	77
Si	mg/kg	160	148	89	73
B	mg/kg	13	32	9	4
Ba	mg/kg	9	15	5	1
Cu	mg/kg	6,9	6,4	3,9	7,1
Ti	mg/kg	1,1	2,3	0,8	0,5
Ni	mg/kg	1,0	<kh	0,4	1,0
Mo	mg/kg	0,6	<kh	0,4	1,0
Cr	mg/kg	0,4	<kh	0,4	0,4

12. táblázat A zöldborsó átlagos elemfelvétele 1990

Elem jele	Mértékegység	Hajtás 0,67 t/ha	Szár 1,16 t/ha	Hüvely 0,58 t/ha	Mag 1,18 t/ha	Együtt* 2,92 t/ha
N	kg/ha	31	29	12	51	92
Ca	kg/ha	14	40	6	2	48
K	kg/ha	17	20	8	13	41
Mg	kg/ha	2	5	2	2	9
P	kg/ha	2	2	1	5	8
Al	g/ha	222	387	160	262	809
Na	g/ha	214	367	157	244	768
Fe	g/ha	84	262	34	91	387
Si	g/ha	107	172	52	86	310
Sr	g/ha	81	116	27	7	150
Mn	g/ha	29	74	9	18	101
Zn	g/ha	11	14	5	28	47
B	g/ha	9	37	5	5	47
Ba	g/ha	6	17	3	1	21
Cu	g/ha	5	7	3	8	17
Ti	g/ha	0,7	2,7	0,5	0,6	3,8
Ni	g/ha	0,7	<kh	0,2	1,2	1,4
Mo	g/ha	0,4	<kh	0,2	1,2	1,4
Cr	g/ha	0,3	<kh	0,2	0,6	0,8

Megjegyzés: A hajtás 11, a szár 19, a hüvely 14, a mag 23% szárazanyagot tartalmazott 4,5 t/ha átlagos zöldmag-terméssel, melynek nyersfehérje hozama 319 kg/ha volt. * Együtt: Szár, hüvely és mag aratáskor

A száraz borsó átlagos elemfelvétele nem tért el érdemben a zöldborsóétól, leg- alábbis ami az összes felvételt illeti (13. táblázat). Változott azonban a felvett tápelemek megoszlása a szár, a hüvely és a magtermés között. A N-mennyiség például 11 kg-mal csökkent a melléktermésben és 33 kg-mal nőtt a magban. A Ca-, K- és Mg-felvétel is mérséklődött a szárban és kevésbé látványosan, de emelkedett a magtermésben. A Na, Mn, Zn elemek mennyisége viszont 30–50%-kal jelentősebbé vált a melléktermésben és nőtt a magtermés Mn- és Zn-készlete is. A száraz mag viszont elvesztette Na-tartalmának csaknem 4/5-ét, ill. mintegy 50%-kal növelte Cu-felvételét (13. táblázat).

A zöldborsó 1 t mag + a hozzá tartozó melléktermésének fajlagos elemtartalma a műtrágyázás függvényében az alábbiak szerint ingadozott: 17–22 kg N; 10–13 kg Ca (14–18 kg CaO); 6–11 kg K (7–13 kg K₂O); 1,7–2,9 kg Mg (3–5 kg MgO); 1,2–2,1 kg P (3–5 kg P₂O₅); 120–140 g Na; 19–24 g Mn; 8–15 g Zn; 4 g Cu. Bár a fajlagos mutatók tág határok között ingadozhatnak, átlagértékeik alkalmasak lehetnek a tervezett termés elemigényének megítélésére. Összességében a hazai szaktanácsadásban ajánlott irányszámok megfelelőek, közel állóak a kísérletben kapott értékekkel. Az emelkedett Ca- és Mg-tartalmak a termőhely meszes jellegét tükrözik.

A száraz borsó 1 t mag + melléktermésének fajlagos elemkészlete a műtrágyázás hatására hasonlóképpen jelentősen eltért: 47–70 kg N, 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 5–7 kg Mg (8–11 kg MgO), 5–7 kg P (11–16 kg P₂O₅), 490–660 g Na, 80–120 g Mn, 30–50 g Zn, 14 g körüli Cu-mennyiséget mutatott. A mért fajlagosok általában jelentősen meghaladják a hazai szaktanácsadási ajánlásokat. Mindez részben az aszályos éven kapott kis termésekkel és emelkedett beltartalmi mutatókkal is magyarázható. A szaktanácsadásban elfogadott fajlagos irányszámok revíziója nem indokolt.

13. táblázat A száraz borsó átlagos elemfelvétele 1990. június 28-án

Elem jele, mértékegység	Szár 1,37 t/ha	Hüvely 0,62 t/ha	Mag 1,68 t/ha	Együtt 3,67 t/ha	
N	kg/ha	23	7	73	103
Ca	kg/ha	33	11	3	47
K	kg/ha	16	8	15	39
Mg	kg/ha	4	2	2	10
P	kg/ha	2	1	7	10
Na	g/ha	621	209	50	881
Mn	g/ha	137	16	25	178
Zn	g/ha	22	7	35	64
Cu	g/ha	8	2	12	22

A borsó betakarítását követően 1990 júliusában került sor a mélységi mintavételekre is. A minták begyűjtése patronos kiemeléssel történt 20 cm-es rétegenként és 6 m mélységig terjedően a 0, 100, 200 és 300 kg N/ha/év kezeléseknél. Parcellánként 1–1 fűrást ejtettünk. A két ismétlést figyelembe véve a 8 parcella egyenként 6 m×5 réteg = 30 réteg/lefűrés anyaga összesen 240 mintát adott. A mintákban a Fejér megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás a NO₂+NO₃-N összegét határozta meg rutin KCl-os kioldással. A jól szellőzött csernozjomon ez az érték gyakorlatilag a NO₃-N mennyiségének felelhet meg, ezért a továbbiakban az egyszerűség kedvéért NO₃-N-ről beszélünk (Németh & Kádár, 1999; Németh, 1996).

A 14. táblázatban bemutatott összefoglaló adatok szerint a N-mérleg egyenlegeiben fennálló különbség 0, 1080, 2656, ill. 4180 kg N/ha értéket tett ki a kezelések között. Ugyanitt a talajszelvényben 0, 382, 1495, ill. 2613 kg/ha nitrogént találtunk a 6 m-es rétegben. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N mennyiségét tekintve közel 60% volt kimutatható NO₃-N formájában. A műtrágyázás mértékével nőtt a kimutatott NO₃-N aránya. A NO₃-N lemosódásának határa a kísérlet 17. éve után elérte az 5,0–5,5 m mélységet, mely mintegy 30 cm/év lefelé irányuló mozgásnak felelhet meg e termőhelyen. Mivel az 1 m alatti rétegek NO₃-N-készlete a legtöbb növény számára már kevésbé hasznosítható, ez N-szennyezésként jelenhet meg a talajvízben, amennyiben a talajvíz közel helyezkedik el.

Összefoglalás

1. Ebben az aszályos évben trágyázás nélkül a száraz borsó 1,48 t mag, 0,50 t hüvely és 0,90 t szár; míg az optimális N₁P₁K₁-szinten 2,71 t mag, 0,85 t hüvely és 1,80 t

szár légszáraz tömeget adott ha-onként. Az N₃P₃K₃-szinteken 20–30%-os terméscsökkenés lépett fel.

14. táblázat A kísérlet N-mérlegének becsült egyenlegei és a talajbani NO₃-N, 1990

Mérleg tételei, talajmintavétel	Évente adott N, kg/ha				Átlag N 150 kg/ha
	0	100	200	300	
N-mérleg, kgN/ha					
Adott	0	1700	3400	5100	2550
Felvett	1557	2177	2301	2476	2128
Egyenleg	-1557	-477	1099	2623	422
Különbség	0	1080	2656	4180	
Talajprofilban kimutatott NO ₃ -N, kg/ha					
0–1 m	42	161	479	872	388
1–2 m	28	98	176	490	198
2–3 m	41	123	319	589	268
3–4 m	45	97	400	405	237
4–5 m	35	81	255	328	175
5–6 m	63	76	120	183	110
0–6 m	254	636	1749	2867	1376
Különbség	–	382	1495	2613	–

Megjegyzés: A kontrollhoz viszonyított N-mérleg többletek 35–56–63%-át mutattuk ki a talajprofilban NO₃-N formájában a 100–200–300 kg N/ha/év kezelésekből.

2. A termésmaximumhoz kötődő és optimálisnak tekinthető N₁P₁K₁-ellátottságon a fiatal, virágzás előtti föld feletti hajtás 3–4% N, 2–3% K, 0,3–0,4% P elemösszetétellel, illetve 8–12 körüli N/P, 6–10 körüli K/P és 1–2 körüli N/K aránnyal jellemezhető. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára, diagnosztikai célokra, a borsó tápláltsági állapotának jellemzésére.
3. A zöldborsó fajlagos, 1 t mag + mellékterméssel felvett elemtartalma 17–27 kg N, 10–13 kg Ca (14–18 kg CaO), 6–11 kg K (7–13 kg K₂O), 1,7–2,9 kg Mg (3–5 kg MgO), 1,2–2,1 kg P (3–5 kg P₂O₅), 120–140 g Na, 19–24 g Mn, 8–15 g Zn és 4–5 g Cu mennyiséget tett ki a műtrágyázás függvényében. A fajlagos átlagértékek alkalmasak lehetnek a tervezett termés elemigényének számításánál és közel állóak a hazai szaktanácsadásban ajánlottakkal.
4. A száraz borsó fajlagos elemtartalma szintén jelentősen ingadozott a műtrágyázás függvényében: 47–70 kg N, 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 5–7 kg Mg (8–11 kg MgO), 5–7 kg P (11–16 kg P₂O₅), 490–660 g Na, 80–120 g Mn, 30–50 g Zn és 14 g Cu értékekkel. A fajlagos átlagértékek alkalmasak lehetnek a tervezett termés elemigényének számításánál és közel állóak a hazai szaktanácsadásban ajánlottakkal.
5. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N átlagos mennyiségét tekintve 60%-a volt kimutatható NO₃-N formájában a 6 m-es talajszelvényben. A NO₃-N bemosódásának határa a kísérlet 17. évében elérte az 5,0–5,5 m mélységet, mely mintegy 30 cm/év lefelé irányuló mozgásnak felelhet meg e termőhelyen. Az 1 m alatti NO₃-N készlete döntően szennyezésként jelenhet meg a talajban ill. a talajvízben, amennyiben a talajvíz közel helyezkedik el.

8. Műtrágyázás hatása a tritikáléra (*XTriticosecale* Wittm.) 1991

8.1. Bevezetés

A tritikálet egyre nagyobb területen termesztjük, mert a gyengébb talajokon is kielégítően terem, ellenáll a rozsdának és a fehérjetartalma is nagy. Kedvezőtlen tulajdonságait mint a hosszú szalma, megdőlésre való hajlam, késői érés stb. ma már a nemesítés jelentős részben kiküszöbölte. A növény ásványi táplálásával foglalkozó szakirodalmi források száma ugyanakkor elenyésző. Duna-Tisza közti meszes homoktalajon *László (1986)* végzett műtrágyázási kísérletet, aki jelentős tápelemhatásokról számolt be. A nyírségi savanyú homokon beállított műtrágyázási és meszezési tartamkísérletünkben, Nyírlugoson, már 12 éve monokultúrában termelünk tritikálet (*Kádár és Szemes 2002a*).

Eredményeink szerint e növény a savanyú homokokon folyó gazdálkodásban fontos szerepet tölthet be. Kedvező években termése az országos gabonaátlagokat elérheti, de szárazabb években is gazdaságosan betakarítható hozamokat nyújthat, amennyiben gondoskodunk a talaj megfelelő trágyázásáról, valamint a pH 5.5-6.0 körüli fenntartásáról mész és magnézium adagolásával. A monokultúrát jól bírja. Mint őszi vetésű növény fedettséget biztosít a homokon, megakadályozza a szél és víz általi eróziót, valamint a tápelemek kimosódását. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás kedvező irányban módosítja a növény összetételét is (*Kádár és Szemes 1994, 2002a, b; Kádár et al. 1999*).

Kérdés vajon milyen termésekre képes a tritikále nem kimondottan rozstalajon? Különösen extenzív gazdálkodásban trágyázás nélkül mennyiben képes hasznosítani a kötöttebb búzatalaj eredeti tápanyagtökéjét? Hogyan alakul a trágyaigénye? Hogyan változhatnak meg bizonyos minőségi jellemzői, termésstruktúrája az eltérő tápláltág nyomán?

8.2. Anyag és módszer

Kísérletünk 18. évében *Presto* fajtájú tritikálet termesztettünk. Vetés 1990. október 10-én történt gabonátávolságra 5-7 cm mélyre, 300 kg/ha ill. 60-70 db/fm vetőmag felhasználásával. A tenyészidő során állománybonítást végeztünk bokrosodás végén és virágzás kezdetén fejlettségre, éréskor pedig a vetésfehérítő kártételének felmérésére parcellánként. Növénymintavételre került sor bokrosodás végén, érés kezdetén és végén 8-8 fm, azaz 1-1 m² földfeletti növényi anyag begyűjtésével szintén parcellánként.

1990 őszen a vetést ill. a műtrágyázást megelőzően parcellánként 20-20 lefűrásból a szántott rétegből átlagmintákat vettünk. A mintákban meghatároztuk az ammoniumlaktát (AL) oldható PK-tartalmakat *Egnér et al. (1960)* szerint. Növénymintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét, valamint makro- és mikroelem tartalmukat cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ feltárást követően, ICP technikát alkalmazva. Nitrogént a hagyományos cc. H₂SO₄ + H₂O₂ roncsolás után vizsgáltuk. A bokrosodáskori hajtás szacharóz, fruktóz és glükóz tartalmát a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet laboratóriumában *dr. Bujtás Klára* határozta meg.

A finomra őrölt légszáraz hajtást 3 %-os metafoszforsavval extrahálta 1:3 növényi anyag : oldószer arányt alkalmazva, majd a szűrletben HPLC technikával mérte az oldható cukrok mennyiségét *Valverde et al. (1985) és Daood et al. (1992)* által javasolt módon.

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Az 1991. évben a sokévi átlagnál (590 mm) kevesebb, 522 mm eső hullott. Azonban az elővetemény borsó 3.5 hónapos tenyészideje alatt nem szárította ki a talajt. A borsót 1990. június végén arattuk és a tritikále vetéséig eltelt 3 hónap alatt a terület még 94 mm csapadékot kapott. Szeptemberben további 60, októberben 59, novemberben 48, decemberben 14, január és február hónapokban 17-17, március és áprilisban 20-20, májusban 58, júniusban 22 és júliusban aratásig még 60 mm-t regisztráltunk. Összességében tehát a tenyészidő alatti 395 mm, ill. a vetés előtti 94 mm csapadék elméletileg 489 mm vízellátást biztosíthatott a tritikále számára, melyet a szerkezetes csernozjom talaj tárolhatott, ill. a fejlett és agresszív gyökérrel rendelkező tritikále hasznosíthatott a tenyészideje során. A hűvösebb és csapadékosabb július miatt a tenyészidő kitolódott, ami kedvezett a tritikále fejlődésének és hatalmas földfeletti tömeget képezhetett.

1. táblázat Kezelések és a talaj szántott rétegének AL-oldható PK készlete, 1990

Műtrágyázás, talajelemzés	Kezelések, ill. műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/18 év	0	1800	3600	5400	-	2700
P ₂ O ₅ kg/ha/18 év	0	1000	2000	3000	-	1500
AL-P ₂ O ₅ mg/kg	95	129	214	311	32	187
K ₂ O kg/ha/18 év	0	2000	4000	6000	-	3000
AL-K ₂ O mg/kg	125	186	332	466	25	277

Amint az *1. táblázatban* látható, a kísérlet 18 éve alatt jól elkülönülő NPK-ellátottsági szintek alakulhattak ki a talajban. Az összes felhasznált hatóanyagot tekintve a N 0 és 5400 kg/ha, a P₂O₅ 0 és 3000 kg/ha, a K₂O 0 és 6000 kg/ha extrém értékeket mutatott. Mindez tükröződött a szántott réteg oldható elemkészletében is. Az ammóniumlaktát (AL) oldható P₂O₅ tartalom 96 és 311 mg/kg, az AL-K₂O 125 és 466 mg/kg közötti tartományban módosulhat. Kísérletünk 12. éve után a N bemosódása N-nel túltrágyázott talajon elérte a 3.5-4 métert és a talajprofil NO₃-N készlete a kontrollon mért 228 kg/ha-ról 1674 kg/ha-ra nőtt a maximális adagú kezelésben (*Kádár és Földesi 2002*).

8.3. Termés és minőség

K-hatásokat a tritikále nem mutatott, a növények kielégíthették K-igényüket a 120-130 mg/kg AL-K₂O ellátottságú K-kontroll talajon is. Termésdepresszió az extrém vagy túlzott K-ellátottságon nem jelentkezett. Termékek az NxP kölcsönhatások nyomán változtak, ezért eredményeinket az NxP kétirányú vagy

kéttényezős táblázatokban közöljük. Amint a 2. táblázatban látható, a korai fejlődési szakaszban meghatározóak voltak a P-hatások. Virágzás kezdetén a P-hatások mérséklődtek és kifejezettebbé váltak a N-hatások, különösen a P-ral is kielégítően ellátott kezelésekben. A N-túlsúly más következményekkel is járt. Érés kezdetén megduplázódott a vetésfehérítő (*Lema melanopus*) kártétele a N-nel jól táplált növényeken. Főként ott, ahol a P-ellátás is kielégítő volt és nagyobb, szélesebb zászlóslevelek képződtek. Kártételt a zászlóslevél rágott felülete %-ában becsültük meg.

2. táblázat NxP ellátás és a tritikále fejlődése és a vetésfehérítő kártétele, 1991

N-szintek kg/ha N	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%} 32	Átlag 187
	96	129	214	311		
*Bonitálás bokrosodás végén, április 10-én						
0	3,0	3,9	4,1	4,4		3,8
100	3,0	4,1	4,6	4,6	0,9	4,1
200	2,6	4,0	4,1	4,6		3,8
300	3,5	3,9	4,0	4,9		4,1
Átlag	3,0	4,0	4,2	4,6	0,4	4,0
*Bonitálás virágzás kezdetén, június 5-én						
0	2,9	3,4	3,4	3,6		3,3
100	3,4	4,4	4,9	4,8	0,5	4,3
200	3,5	4,6	4,6	4,6		4,3
300	3,9	4,6	5,0	5,0		4,6
Átlag	3,4	4,3	4,5	4,5	0,3	4,2
**Bonitálás vetésfehérítő kártételre június 25-én						
0	1,0	1,3	1,1	1,3		1,2
100	1,5	1,8	2,4	2,8	1,0	2,1
200	1,8	1,6	2,3	2,1		1,9
300	1,9	2,4	2,5	2,6		2,3
Átlag	1,5	1,8	2,1	2,2	0,5	1,9

* 1 = ritka, fejletlen, klorotikus, 5 = sűrű, fejlett, sötétzöld állomány

** 1 = zászlóslevél 10 %-ban, 3 = zászlóslevél kb. 30 %-ban károsodott

A hajtás friss zöld tömege bokrosodás végén 2-9 t/ha, érés kezdetén 23-36 t/ha között ingadozott a kezelések függvényében. A légszáraz tömeg ugyanitt 0,4-1,2; ill. 10-14 t/ha mennyiséget tett ki. A légszáraz anyag %-a bokrosodás végén 20-ról 14-re csökkent az együttes NP-trágyázás nyomán. A generatív fázisban a javuló P-kínálat már gyorsította az érést a szárazanyag-tartalmat növelve. A N-trágyázás ezzel ellentétesen hatott, átlagosan 3 % légszáraz-anyag mérséklést okozva. A 3. táblázat adataiból az is megállapítható, hogy a hajtás maximális tömege az évenkénti 100 kg/ha N-adag és a 130-200 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságú talajon képződött, ill. e feletti trágyázás igazolható terméstöbbleteket már nem adott.

3. táblázat NxP ellátás és a tritikále légszár az tömege és légszár az anyag %-a, 1991

N-szintek kg/ha N	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	96	129	214	311	32	187
Légszár az tömeg április 10-én, t/ha						
0	0,44	0,82	0,93	0,83		0,76
100	0,39	0,75	1,07	1,03	0,16	0,81
200	0,37	0,82	0,97	1,05		0,80
300	0,49	0,86	1,11	1,21		0,92
Átlag	0,42	0,81	1,02	1,03	0,08	0,82
Légszár az anyag április 10-én, %						
0	20	17	17	16		18
100	19	17	15	16	4	17
200	19	16	20	14		17
300	18	16	15	14		16
Átlag	19	17	17	15	2	17
Légszár az tömeg június 24-én, t/ha						
0	11,1	13,0	12,6	13,2		12,4
100	10,7	13,4	14,9	14,6	1,1	13,4
200	11,5	13,1	14,5	13,7		13,2
300	11,7	13,5	14,5	14,2		13,4
Átlag	11,3	13,2	14,1	13,9	0,5	13,1
Légszár az anyag június 24-én, %						
0	42	44	43	43		43
100	39	40	42	43	2	41
200	39	39	42	41		41
300	39	41	42	40		40
Átlag	40	41	42	42	1	41

Megjegyzés: a zöld tömeg április 4-én 2-9 t/ha, június 24-én 23-36 t/ha között ingadozott a kezelések függvényében

Az aratáskori eredmények arra utalnak, hogy a száraz június nem kedvezett a szemképződésnek, a júliusi késői csapadék pedig már nem tudta korrigálni a negatív hatásokat. Maximális szemterméseket a N-nel 18 éve nem trágyázott kezelések adták a borsó elővetemény után. A növekvő N-túlsúly 1-1,5 t/ha termésveszteségeket okozott a P-ral jól ellátott kezelésekben. Maximális szemtermésekhez a mérsékelt, 130 mg/kg körüli AL-P₂O₅ ellátottság tartozott. A szalma és a pelyva termései még a vegetatív fejlődési szakasz NxP pozitív kölcsönhatásait tükrözik és termésmaximumaik is a 100 kg/ha/év N, ill. 130-200 mg/kg AL-P₂O₅ határértékekhez köthetők (4. táblázat).

A szem 5,0-6,5, a szalma 5,5-9,5, a pelyva 2,0-3,0, az összes földfeletti légszár az biomassa tömege 12,5-19,0 t/ha között ingadozott, döntően az NP-kezelések függvényében. A melléktermés/főtermés aránya a trágyázatlan talajon 1,3, míg a túltrágyázott, maximális NPK-ellátásnál 2,2 értéket mutatott. A túltrágyázás elsősorban a melléktermés tömegét növelte. Megállapítható, hogy a kedvező körülmények között a tritikále hatalmas biomassa képzésére képes.

4. táblázat NxP ellátás hatása a tritikále légszár az tömegére aratáskor, 1991

N-szintek kg/ha/év	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	96	129	214	311	32	187
Szem, t/ha						
0	5,5	6,2	6,4	6,3		6,1
100	5,5	6,1	5,8	5,8	0,6	5,8
200	5,5	6,0	5,0	5,5		5,5
300	5,2	5,3	5,2	4,9		5,2
Átlag	5,4	5,9	5,6	5,6	0,3	5,6
Szalma, t/ha						
0	5,5	6,8	7,8	7,1		6,8
100	5,6	7,3	8,4	8,1	1,2	7,4
200	5,8	8,1	7,0	9,2		7,5
300	5,8	6,8	8,0	7,6		7,0
Átlag	5,7	7,2	7,8	8,0	0,6	7,2
Pelyva, t/ha						
0	2,0	2,0	2,2	2,0		2,0
100	2,1	2,3	2,6	2,6	0,5	2,4
200	2,4	3,0	2,3	2,8		2,6
300	2,2	2,5	2,5	2,6		2,5
Átlag	2,2	2,4	2,4	2,5	0,3	2,4
Összes földfeletti biomassa, t/ha						
0	12,9	14,9	16,4	15,4		14,9
100	13,2	15,7	16,8	16,4	1,8	15,5
200	13,7	17,1	14,3	17,6		15,7
300	13,2	14,6	15,8	15,1		14,7
Átlag	13,3	15,6	15,8	16,1	0,9	15,2

Megjegyzés: A melléktermés/főtermés aránya a kontrollon 1,3, a maximális NPK-ellátásnál 2,2 volt

Jól hasznosíthatja a talaj eredeti tápanyag-tókéjét, hiszen a trágyázatlan talajon is 5,5 t/ha szemtermést, ill. 13 t/ha körüli földfeletti biomasszát adhat. Mindehhez kétségkívül a borsó elővetemény is hozzájárult azzal, hogy rövid tenyészideje alatt nem használta el vízkészletét, 50-100 kg/ha N-t és jó talajszerkezetet hátrahagyva.

Az aratáskor vett mintakévek átlagos magassága 1/3-ával nőtt az NP-kínálattal, míg az 1000-mag tömege 10-12 %-kal csökkent a kontrollhoz viszonyítva. Utóbbi a generatív fázis kedvezőtlen időjárási viszonyaira utal és döntően a N-túlsúly káros hatására vezethető vissza. Csíráztatási vizsgálataink szerint viszont az NP-trágyázással 11-ről 4 %-ra mérséklődött a beteg csírák száma, ill. javult az ép, kicsírázott magvak mennyisége átlagosan 10 %-kal a kontrollhoz képest. Az NP-kínálat nyomán tehát nőtt a magvak életeréje a kisebb 1000-magtömeg ellenére (5. táblázat).

5. táblázat NxP-ellátás hatása a tritikále néhány jellemzőjére aratáskor, 1991

N-szintek kg/ha/év	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	96	129	214	311		
Növénymagasság, cm						
0	97	111	107	106		105
100	103	116	123	121	8	115
200	103	119	124	130		119
300	105	121	127	129		120
Átlag	102	117	120	121	4	115
1000-mag tömege, g						
0	45	46	47	45		46
100	41	39	39	36	4	39
200	40	36	37	36		37
300	38	36	36	34		36
Átlag	41	39	40	38	2	39
Ép csíra, %						
0	78	80	79	82		80
100	86	86	89	90	6	88
200	88	87	86	86		87
300	86	88	88	88		88
Átlag	84	85	86	87	3	86
Beteg csíra, %						
0	11	11	12	10		11
100	7	8	5	4	3	6
200	5	7	6	7		6
300	8	4	6	4		5
Átlag	8	8	7	6	2	7

Megjegyzés: A rothadt csírák mennyisége átlagosan 7 %-ot tett ki.

A bokrosodáskori hajtás cukortartalma 2,5-6,0 % között változott az NP-kezelések függvényében és 1/3-át a szacharóz, 1/3-át a fruktóz, 1/3-át a glükóz tette ki átlagosan. N-adagolással minden cukorforma mennyisége mérséklődött: a szacharóz 74, a glükóz 68, a fruktóz 42 %-ára esett vissza a N-kontrollhoz viszonyítva. A P-kínálat javulásával a szacharóz részaránya ugrásszerűen nőtt, míg a glükóz és különösen a fruktóz koncentrációja lezuhant. Látványosan változott a szacharóz/fruktóz egymáshoz viszonyított aránya. Pontosabban, megfordult ez az arány: az NP-kontroll kezelésben 3-szoros a fruktóz, míg az NP trágyázott parcellákon 3-szoros a szacharóz túlsúlya (6. táblázat).

Az elérhető irodalomban hasonló adatokat nem találtunk, ezért eredményeinket tájékoztató jellegűnek tekintjük. Kétségtelen azonban, hogy az ásványi táplálás megváltoztathatja nemcsak a növény habitusát, természetét, betegség-ellenállóságát, a vetőmag jellemzőit, de néhány biológiai tulajdonságát is. A szacharóz (nádcukor vagy répacukor) mint ismeretes, a fotoszintézis során az első kimutatható szénhidrát szabad állapotban. A fruktóz (gyümölcscukor) és a glükóz (szőlőcukor) a későbbi átalakulások terméke. A N-kínálat a P-ral részben párhuzamosan a fehérjeszintézist segíti és csökkenti a szénhidrátok mennyiségét.

Mérséklődik a cukorrépa cukor, az olajos magvak olaj %-a, nőhet viszont a nyersfehérje készlete. Úgy tűnik az NP-trágyázás a szerves asszimiláták átalakítási folyamatait, a biokémiai reakciókat is módosíthatja (6. táblázat). A bokrosodáskori hajtás szacharóz, fruktóz és glükóz tartalmát a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet laboratóriumában dr. Bujtás Klára határozta meg. A finomra őrölt légszáraz hajtást 3 %-os metafoszforsavval extrahálta 1:3 növényi anyag : oldószer arányt alkalmazva, majd a szűrletben HPLC technikával mérte az oldható cukrok mennyiségét Valverde et al. (1985) és Daood et al. (1992) által javasolt módon.

6. táblázat NxP-ellátás és a bokrosodáskori légszáraz hajtás cukortartalma, 1991

N-szintek kg/ha/év	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%} 32	Átlag 187
	96	129	214	311		
Szacharóz, %						
0	0,87	1,25	1,38	3,11		1,65
100	0,90	0,95	0,89	2,63	0,53	1,34
200	0,99	0,79	1,87	1,63		1,32
300	1,16	0,82	1,21	1,71		1,22
Átlag	0,98	0,95	1,34	2,27	0,27	1,38
Fruktóz, %						
0	3,08	2,05	1,42	1,24		1,95
100	2,84	1,79	0,66	0,92	0,33	1,55
200	2,50	0,85	0,53	0,51		1,10
300	1,59	0,64	0,58	0,43		0,81
Átlag	2,50	1,33	0,80	0,77	0,16	1,35
Glükóz, %						
0	1,27	1,09	2,05	1,66		1,52
100	1,27	1,78	1,93	0,69	0,53	1,42
200	1,56	0,93	1,79	0,56		1,21
300	1,24	1,86	0,63	0,39		1,03
Átlag	1,33	1,41	1,60	0,82	0,27	1,29
Együtt, %						
0	5,22	4,39	4,85	6,01		5,12
100	5,01	4,52	3,48	4,24	1,40	4,31
200	5,05	2,57	4,19	2,70		3,63
300	3,99	3,32	2,42	2,53		3,06
Átlag	4,81	3,69	3,74	3,86	0,70	4,03

Összefoglalás

1. Korai fejlődési stádiumban a P-hatások domináltak mérsékelt pozitív N-hatásokkal, míg érés idején a P-hatások mérséklődtek és a száraz június miatt a N-trágyázás a szemtermés csökkenését eredményezte. A melléktermés/szem aránya a trágyázatlan kezelésben 1,3, míg a maximális NPK ellátottságon 2,2 értéket mutatott. A túltrágyázás elsősorban a melléktermés tömegét növelte.
2. A borsó elővetemény hatásának is betudhatóan, a 18 éve semmilyen trágyázásban nem részesült parcellákon is jelentős, 5,5 t/ha szemtermést, ill. 13,0 t/ha földfeletti légszáraz biomasszát kaptunk. A K-trágyázás hatástalan

maradt, a túltrágyázás termésnövekedését nem okozott. Az NP-túlsúly nyomán az 1000-mag tömege 10-12 %-kal mérséklődött, viszont hasonló mértékben javult az épen kicsírázott magvak mennyisége.

3. A tritikále ezen a búzatalajon mérsékelt trágyaigényt jelzett és alkalmas növénye lehet az extenzív gazdálkodásnak. Maximális hozamokat a 100 kg/ha/év N-trágyázás és a 130 mg/kg körüli AL-P₂O₅ ellátottság biztosította. Adataink iránymutatónak szolgálhatnak a hazai műtrágyázási szaktanácsadás számára, hasonló viszonyok között.
4. A bokrosodáskori hajtás cukortartalma 2,5-6,0 % között változott az NP-kezelések függvényében, melynek átlagosan 1/3-át a szacharóz, 1/3-át a fruktóz, 1/3-át a glükóz tette ki. N-trágyázással a szacharóz 74, a glükóz 68, a fruktóz koncentrációja 42 %-ra esett a kontrollhoz viszonyítva. Változott a cukrok egymáshoz viszonyított aránya is, pl. a NP-kontrollon 3-szoros a fruktóz túlsúlya a szacharózhoz képest, míg az NP-túltrágyázotton a kép fordított.

8.4. A tritikále ásványi összetétele és elemfelvétele

Tritikále a búza és a rozs keresztezéséből származó állandósult köztes búza-rozs hibrid, egy viszonylag új kalászos növényfaj. Jelentősége világviszonylatban növekszik, vetésterülete hazánkban megközelítette a 100 ezer ha-t. Egyaránt értékes takarmány- és kenyérgabona. Beltartalmi értékét emeli a mag jelentős fehérjekészlete, mely az évjárattól és a trágyázástól függően széles sávban ingadozhat. *Vohra et al. (1991)* szerint Kaliforniában a tyúktápok 60 % kukorica és 30 % szójalisztet tartalmaznak akkor is, amikor az alapanyagot nem helyben termelik, hanem Közép-Nyugatról importálják. Etetési kísérletei és számításai alapján a tritikále mind gazdasági, mind takarmányozási szempontból előnyös alternatívát jelenthet, mert tápanyagokban gazdag, csökkentheti nemcsak a kukorica, hanem a szójaliszt szükségletét is.

Magyarországon a tritikále gyakorlatilag mindenütt megterem és kiváló takarmányt adhat. Elterjedésével a jobb talajon termelt kukorica vagy búza nagyobb része exportálható, valamint a fehérjeforrásul szolgáló szójaliszt importja mérsékelhető. Korábbi vizsgálataink szerint savanyú homoktalajon a magtermés 1,4-2,5 % N-t mutatott, azaz 9-16 % nyersfehérjét tartalmazott az évektől, döntően azonban a trágyázástól függően (*Kádár és Szemes 1994, Kádár et al. 1999*). Hasonló eredményekről számol be Duna-Tisza közti meszes homokon beállított trágyázási kísérletében *Lásztity (1986)*.

Korábban *Lásztity (1984)* összehasonlította a rozs és a tritikále szemtermésének ásványi összetételét egy NPK műtrágyázási kísérletben és megállapította, hogy a két növény makro- és mikroelem készlete érdemben nem tér el egymástól. A tritikále termése a trágyázatlan kontrollon 1,4, NPK-trágyázotton 3,8 t/ha, míg ugyanitt a rozs 2,4 és 3,8 t/ha magtömeget adott. Részletes vizsgálatokat közölt a növény szárazanyagának gyarapodásáról és tápelemtartalmának változásáról is a tenyésztő folyamán, valamint az NPK kezelések függvényében meszes homoktalajon (*Lásztity 1987, 1988*).

Ami az 1 t magtermés és a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemtartalmát illeti *Lásztity és Biczók (1987-1988)* az alábbi értékeket közli mint kísérleti átlagokat: 30 kg N, 11 kg P₂O₅, 24 kg K₂O, 4 kg Ca, 2 kg Mg, 300 g Fe, 98 g Mn, 35 g Zn és 10 g Cu. Legnagyobb szórásokat a N-készlet mutatta, mely a kontrollon 24 kg, az NPK trágyázotton 32 kg értéket jelzett a meszes homokon. Savanyú homoktalajon beállított nyírlugosi tartamkísérletünkben a kedvező 1991. évben 25-30 kg N, 10-12 kg P₂O₅, 18-24 kg K₂O, 2-3 kg Ca, 2 kg Mg, 70-140 g Fe, 200-600 g Mn, 45-80 g Zn és 7-11 g Cu fajlagosok adódtak (*Kádár és Szemes 1994*).

A fenti adatokat összevetve látható, hogy míg a N, P, K, Cu fajlagosok átlagai közelállók a két eltérő termőhelyen, addig a meszes talajon emelkedett Ca és Fe, ill. csökkent Mn és Zn értékek jellemzők. A fajlagos mikroelem-tartalmakat közvetlenül nem használjuk trágyaigény becslésére a szaktanácsadás során, hiszen a mikroelemek felvehetőségét általában nem a talajbani mennyiségük, hanem egyéb talajtulajdonságok szabályozzák. A fontosabb makroelemek fajlagosai, elsősorban a N, P és K viszont iránymutatóul szolgálhatnak.

Megemlítjük, hogy az aszályos 1992. évben Nyírlugoson a fajlagos tápelemtartalom drasztikusan megemelkedett. Az NPK elemeknél 50-70 %-kal, a Mg esetén 100, míg a Ca esetén 250 %-kal. Az extrém aszályos év fajlagos mutatói azonban félrevezetőek lehetnek. Ilyenkor túltápláltsági szituáció állhat elő, a tervezett termésnél alacsonyabb hozamok jelentkeznek és az alkalmazott trágyaszerek nem hasznosulnak. Kimosódási veszteségek sem jelentkeznek, ill. megőrződnek a feltalajban és jelentős utóhatásokkal számolhatunk a következő évben még homokos talajon is (*Németh 1998*).

A 7. táblázat adatai szerint N-ben leggazdagabb volt a bokrosodáskori hajtás, valamint az aratáskori mag. Az előregedő hajtásban a szárazanyag gyarapodásával párhuzamosan a N felhígult, éréskor a szalma N-ben elszegényedett, ill. a N a szemtermésbe vándorolt. Minden növényi szerv jól tükrözte a talaj növekvő kínálatát, a kontrollhoz képest átlagosan 25-60 %-os emelkedést mutatva. Az NO₃-N mint tartalék-tápanyag főként a fiatal hajtásban dúsult, ahol a trágyázatlan talajon az összes felvett N alig 2 %-át, míg a 300 kg/ha/év kezelésben 6 %-át tette ki. A NO₃-N fokozatosan felhasználódott a tenyészidő során, a magban már a 0,1 mg/g koncentrációt sem érte el és mennyisége igazolhatóan nem változott a kezelések függvényében. A fel nem használt NO₃-N tömegét a szalmában találtuk, ahol a N-nel túltrágyázott kezelésben koncentrációja a kontroll 20-szorosára ugrott.

Az emelkedő N-kínálat egyaránt javította a két legfontosabb antagonistá kation, a Ca és K beépülését a növényi részekbe, melyet kiváltképp a vegetatív szervek jeleztek. Mindkét kation főként a fiatal hajtásban akkumulálódott, míg a mag nagyságrenddel szegényebbé vált K és Ca elemekben. Látványosan nőtt a kén tartalma a trágyázással, mely még a magban is 50 %-os többletet eredményezett a kontrollhoz viszonyítva. Mindez magyarázható a N-bőséggel indukált fehérjeképződéssel, mely egyidejűleg a S-igényt is növelheti a S-tartalmú aminosavak beépítésével (7. táblázat).

7. táblázat N-ellátás hatása a légszáraz tritikále elemtartalmára, 1991

Növényi rész	N-ellátás, N kg/ha évente				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	N %					
Hajtás ¹	4,38	5,20	5,27	5,47	0,24	5,08
Hajtás ²	1,07	1,32	1,44	1,70	0,14	1,38
Szalma ³	0,35	0,39	0,48	0,51	0,05	0,43
Szem ³	2,25	3,33	3,16	3,48	0,39	3,05
	NO ₃ -N mg/g					
Hajtás ¹	0,83	1,95	2,77	3,24	0,24	2,20
Hajtás ²	0,16	0,52	1,87	1,94	0,45	1,12
Szalma ³	0,03	0,10	0,38	0,60	0,08	0,28
Szem ³	0,07	0,07	0,08	0,08	0,02	0,07
	K %					
Hajtás ¹	2,85	3,08	3,16	3,24	0,10	3,08
Hajtás ²	0,85	1,24	1,37	1,35	0,09	1,20
Szalma ³	0,69	1,05	1,07	1,14	0,10	0,99
Szem ³	0,33	0,35	0,35	0,38	0,02	0,35
	Ca %					
Hajtás ¹	0,68	0,77	0,81	0,83	0,04	0,77
Hajtás ²	0,21	0,31	0,36	0,37	0,03	0,31
Szalma ³	0,22	0,36	0,41	0,44	0,03	0,36
Szem ³	0,05	0,06	0,07	0,07	0,01	0,06
	S %					
Hajtás ¹	0,12	0,20	0,20	0,20	0,01	0,18
Hajtás ²	0,12	0,20	0,20	0,21	0,02	0,18
Szalma ³	0,07	0,11	0,12	0,12	0,01	0,10
Szem ³	0,12	0,17	0,18	0,18	0,01	0,16

¹Bokrosodáskor 04.10-én; ²érés kezdetén 06.24-én; ³aratáskor 07.24-én.

A N-trágyázás befolyásolta több mikroelem koncentrációjának változását. Így pl. a Na 2-3-szorosára emelkedett az előregedő hajtásban és a szalmában a N-túlsúllyal. Igazolhatóan, de kevésbé látványosan javult a Mn, Zn és Sr beépülése. A mag Sr-ban szegény és tartalma sem módosul a N-kínálattal, míg Zn elemben viszonylag gazdag és a N növelheti a Zn beépülését, felvételét ezen a Zn-kel gyengén ellátott talajon. A Mo 0,5 mg/kg körüli készletet jelzett a fiatal hajtásban, koncentrációja idővel mérséklődött és a magban már a 0,1 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt. Az érés idején azonban igazolható volt a nitrogén Mo-felvételt segítő hatása. Az itt említett adatok bemutatásától hely hiányában eltekintünk.

A P-ellátottság javulása növelte a N beépülését a növényi részekbe, mely alól kivételt az érés elején vett hajtás képezte. Ekkor a nagy arányú szárazanyaggyarapodással a N-felvétel nem tudott lépést tartani és hígulás lépett fel. A NO₃-N mennyisége szintén többszörösére emelkedett a vegetatív szervekben, különösen kifejezetten a szalmában. A P-tartalom jelezte a P-kínálatot, amelyet főként a fiatal

hajtás és a szalma készlete tükrözött vissza. Általában szignifikáns koncentráció-emelkedést mutatott a Ca és Mg is (8. táblázat).

8. táblázat P-ellátottság hatása a légszáraz tritikále elemtartalmára, 1991

Növényi rész	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	96	129	214	311	32	187
	N %					
Hajtás ¹	4,78	5,18	5,11	5,25	0,24	5,08
Hajtás ²	1,42	1,45	1,43	1,23	0,14	1,38
Szalma ³	0,36	0,37	0,46	0,55	0,05	0,43
Szem ³	2,75	2,87	3,09	3,50	0,39	3,05
	NO ₃ -N mg/g					
Hajtás ¹	1,42	2,00	2,57	2,81	0,24	2,20
Hajtás ²	0,50	1,01	1,50	1,42	0,45	1,12
Szalma ³	0,07	0,22	0,42	0,40	0,08	0,28
Szem ³	0,07	0,08	0,08	0,07	0,02	0,07
	P %					
Hajtás ¹	0,27	0,37	0,47	0,52	0,03	0,41
Hajtás ²	0,16	0,21	0,21	0,22	0,02	0,20
Szalma ³	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03
Szem ³	0,32	0,39	0,42	0,43	0,02	0,39
	Ca %					
Hajtás ¹	0,74	0,76	0,78	0,81	0,04	0,77
Hajtás ²	0,26	0,31	0,36	0,37	0,03	0,31
Szalma ³	0,30	0,35	0,38	0,39	0,03	0,36
Szem ³	0,05	0,06	0,07	0,07	0,01	0,06
	Mg %					
Hajtás ¹	0,19	0,19	0,21	0,22	0,01	0,20
Hajtás ²	0,12	0,14	0,14	0,15	0,01	0,14
Szalma ³	0,05	0,07	0,07	0,07	0,01	0,07
Szem ³	0,13	0,14	0,14	0,14	0,01	0,14

¹Bokrosodáskor 04.10-én; ²érés kezdetén 06.24-én; ³aratáskor 07.24-én.

Ami a mikroelemeket illeti, az alábbiakra utalhatunk. A talaj P-ellátottságának javulásával nőtt a Na tartalma a vegetatív szervekben és a Mn koncentrációja minden növényi részben. Megnyilvánult a P-Zn antagonizmus, a Zn mennyisége 20-40 %-kal mérséklődött átlagosan a tritikále szerveiben. A túlzott P-ellátás e talajon tehát Zn-hiányt indukálhat az arra érzékeny kultúrákban. A Sr tartalma általában megkétszereződött minden növényi részben, mely visszavezethető az alkalmazott szuperfoszfátok nagy, 1-2 %-os Sr szennyezettségére. A hajtás Cd-tartalma 4-szeresére emelkedett a kontrollhoz

képezt az extrém P-túlsúly nyomán, azonban így is jelentéktelen, 0,1-0,2 mg/kg maradt. Aratáskori szalmában és szemben a Cd már a kimutathatóság határát sem érte el (9. táblázat).

9. táblázat P-ellátottság hatása a légszáras tritikále elemtartalmára, 1991

Növényi rész	AL-P ₂ O ₅ ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	96	129	214	311	32	187
Na mg/kg						
Hajtás ¹	98	149	194	213	22	164
Hajtás ²	90	132	135	156	21	126
Szalma ³	94	147	165	167	13	143
Szem ³	27	27	26	27	3	27
Mn mg/kg						
Hajtás ¹	175	183	198	207	10	191
Hajtás ²	75	84	83	95	6	84
Szalma ³	56	61	69	74	5	65
Szem ³	55	57	60	62	4	59
Zn mg/kg						
Hajtás ¹	25	24	23	21	2	23
Hajtás ²	14	13	12	10	2	12
Szalma ³	3	3	2	2	1	3
Szem ³	21	18	17	16	2	18
Sr mg/kg						
Hajtás ¹	14	18	24	28	2	21
Hajtás ²	5	7	10	12	1	9
Szalma ³	6	9	12	15	1	11
Szem ³	1,4	1,7	2,1	2,3	0,2	1,9
Cd mg/kg						
Hajtás ¹	0,03	0,05	0,11	0,12	0,03	0,08
Hajtás ²	0,04	0,08	0,12	0,16	0,07	0,10
Szalma ³	<kh	<kh	<kh	<kh	<kh	<kh
Szem ³	<kh	<kh	<kh	<kh	<kh	<kh

¹Bokrosodáskor 04.10-én; ²érés kezdetén 06.24-én; ³aratáskor 07.24-én.

A talaj K-kínálatával a vegetatív növényi részek K-tartalma emelkedett, különösen a tápelemek raktározó szervében, a szalmában. A kationok közötti ismert antagonizmus eredményeképpen visszaszorult a Ca, Mg, Sr elemek beépülése a javuló K-ellátás nyomán. A magtermésben már ez a jelenség kevésbé követhető nyomon. Mérséklődött a S akkumulációja is, főként az aratáskori szemben (10. táblázat). Megemlítjük, hogy a K-trágyázás a terméseket nem befolyásolta a tenyészidő folyamán. Ezzel szemben kifejezett NxP kölcsönhatások jelentkeztek a korai fejlődési stádiumban, amelyekérés kezdetére lecsökkentek. Aratáskor már a N-trágyázás 1-1,4 t/ha szemtermés csökkenést eredményezett.

10. táblázat K-ellátottság hatása a légszár az tritikále elemtartalmára, 1991

Növényi rész	AL-K ₂ O ellátottsági szintek, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	125	186	332	466	25	277
	K %					
Hajtás ¹	2,77	3,12	3,12	3,31	0,10	3,08
Hajtás ²	0,90	1,23	1,28	1,40	0,09	1,20
Szalma ³	0,64	0,97	1,14	1,21	0,10	0,99
Szem ³	0,36	0,35	0,36	0,35	0,02	0,35
	Ca %					
Hajtás ¹	0,94	0,77	0,72	0,66	0,04	0,77
Hajtás ²	0,34	0,32	0,29	0,29	0,03	0,31
Szalma ³	0,39	0,37	0,33	0,33	0,03	0,36
Szem ³	0,06	0,06	0,07	0,06	0,01	0,06
	Mg %					
Hajtás ¹	0,24	0,21	0,19	0,18	0,01	0,20
Hajtás ²	0,16	0,14	0,13	0,12	0,01	0,14
Szalma ³	0,08	0,07	0,06	0,06	0,01	0,07
Szem ³	0,14	0,14	0,14	0,13	0,01	0,14
	S %					
Hajtás ¹	0,20	0,18	0,17	0,17	0,01	0,18
Hajtás ²	0,19	0,19	0,18	0,17	0,01	0,18
Szalma ³	0,12	0,11	0,10	0,10	0,01	0,11
Szem ³	0,18	0,16	0,15	0,15	0,01	0,16
	Sr mg/kg					
Hajtás ¹	23	21	20	19	2	21
Hajtás ²	10	9	8	8	1	9
Szalma ³	12	11	10	9	1	11
Szem ³	1,9	1,9	1,9	1,8	0,2	1,9

¹Bokrosodáskor 04.10-én; ²érés kezdetén 06.24-én; ³aratáskor 07.24-én.

Amennyiben a tritikále tápláltsági állapotát kívánjuk megítélni a bokrosodás végén vett hajtás összetétele alapján megállapítható, hogy az optimálisnak tekintett N % 4-5, K % 2-4, P % 0,3-0,5 közötti tartományban valószínűsíthető. A tápelemarányok alapján ez 8-15 közötti N/P, 6-10 közötti K/P, ill. 1,5-2,5 közötti N/K aránnyal volna jellemezhető. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára. Megemlítjük, hogy a növényanalízissel foglalkozó ismertebb kézikönyvek (*Bergmann 1992, Cerling 1978* stb.) nem közölnek ellátottsági határértékeket e növényre, így a nemzetközi összevetésre nem volt módunk.

A tritikále földfeletti légszár az hozama 12-19 t/ha között ingadozott aratáskor és az elemfelvételben 2-3-szoros eltérések adódtak. A maximális elemfelvétel elérte

a 295 kg N, 183 kg K, 56 kg Ca, 31 kg P, 20 kg Mg és S mennyiséget ha-onként. Kombájn betakarításánál azonban a felvett K 89, Ca 93, Mg 55 %-a nem kerül el a tábláról, tehát a talaj jelentősen nem szegényedik e tápelemekben. Ami a fajlagos (1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés) elemtartalmát illeti, a N 29-42 kg, K 13-26 (K₂O 16-31) kg, Ca 4-8 (CaO 5-11) kg, P 3,6-4,4 (P₂O₅ 8-10) kg, Mg 1,8-2,6 (MgO 3-4) kg, S 2-3 kg között változott a kezelések függvényében az 11. táblázat adatai alapján számolva.

11. táblázat A tritikále minimális és maximális elemfelvétele, 1991

Elem jele	Mértékegység	¹ Hajtás 0,4-1,1 t/ha	² Hajtás 10-15 t/ha	³ Szalma 7-12 t/ha	³ Szem 5-7 t/ha	³ Együtt 12-19 t/ha
N	kg/ha	18-70	100-250	21-64	123-231	144-295
K	kg/ha	10-42	90-189	46-163	18-20	64-183
Ca	kg/ha	3-12	30-60	17-52	3-4	20-56
P	kg/ha	1-6	15-34	1-5	17-26	18-31
Mg	kg/ha	1-3	10-30	3-11	6-9	9-20
S	kg/ha	1-2	15-28	5-10	7-10	12-20
Na	kg/ha	0,1-0,3	0,8-2,4	0,4-2,3	0,1-0,2	0,5-2,5
Mn	kg/ha	0,1-0,3	0,8-1,5	0,4-1,0	0,3-0,4	0,7-1,4
Fe	kg/ha	0,1-0,2	0,5-0,9	0,3-0,8	0,2-0,2	0,5-1,0
Ba	g/ha	3-9	100-210	119-257	8-11	127-268
Al	g/ha	12-60	150-300	105-261	2-7	107-268
Sr	g/ha	6-34	50-180	36-216	8-14	44-230
Zn	g/ha	8-26	110-200	20-30	85-129	105-159
B	g/ha	2-7	50-90	34-66	25-30	105-159
Cu	g/ha	6-20	58-95	11-36	26-33	37-69
Ni	g/ha	0.2-0.8	1-4	1-3	<kh	1-3
Mo	g/ha	0.2-0.4	1-4	1-3	<kh	1-3
Cd	g/ha	0.0-0.1	0.8-2.1	<kh	<kh	<kh

¹április 10-én, ²június 24-én, ³július 24-én aratáskor mért légszáraz tömeg

Ugyanitt a mikroelemek mint a Na 100-360 g, Mn 140-200 g, Fe 100-140 g, Ba 25-38 g, Al 21-38 g, Sr 9-33 g, Zn 21-23 g, B 12-14 g, Cu 7-10 g, Ni és Mo 0,2-0,4 g fajlagos értéket mutattak. Megemlítjük, hogy a nyírségi savanyú homokon beállított tartamkísérletünkben 1991-ben, kedvező évben a vizsgált mikroelemek fajlagos mennyisége 200-600 g Mn, 70-140 g Fe, 45-80 g Zn és 7-11 g Cu értéket jelzett a kezelések függvényében. A savanyú talajon tehát 2-3-szoros volt a Mn és Zn fajlagos felvétele. A N ugyanitt 25-30 kg, K₂O 18-24 kg, P₂O₅ 9-12 kg, CaO 3-4 kg, MgO 2,5-3,5 kg fajlagos készlettel volt jellemezhető (Kádár és Szemes 1994). Látható tehát, hogy a mezőföldi meszes és humuszos talajon jelentősen nagyobb N és Ca fajlagosok adódtak.

Kifejezett NxP kölcsönhatások voltak kimutathatók a szalmában néhány elem felvételében, melyek közlésre érdemesnek ítélték. Amint a 12. táblázatban látható, önmagában sem a N, sem a P kínálatával érdemben nem változott az Al felvett mennyisége, az együttes NP-trágyázás nyomán viszont átlagosan 2-2,5-szeresére nőtt. A Sr ugyanitt 5-szörösére, a Ca és Mg 3-szorosára emelkedett. Emlékeztetőül: a szalma termése, ill. az összes földfeletti biomassza tömege az NP-trágyázással mindössze 20-30 %-kal javult.

12. táblázat NxP ellátás hatása a tritikále szalma néhány elemének felvételére, 1991

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-ellátás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Ca kg/ha						
96	17	23	27	29		24
129	20	33	43	40	6	34
214	20	44	42	50		39
311	19	42	55	52		42
Átlag	19	35	42	43	3	35
Mg kg/ha						
96	3,4	4,1	4,2	4,1		4,0
129	4,2	7,0	8,2	7,0	1,6	6,6
214	4,8	8,9	7,9	8,7		7,8
311	3,9	8,0	8,8	10,6		7,8
Átlag	4,1	7,0	7,3	7,6	0,8	6,5
Al g/ha						
96	106	107	104	103		105
129	104	109	135	210	70	139
214	113	182	164	197		164
311	110	166	292	228		199
Átlag	108	141	174	184	35	152
Sr g/ha						
96	38	47	51	52		47
129	59	90	106	98	20	88
214	77	142	128	143		123
311	86	165	198	190		160
Átlag	65	111	121	121	10	104

Összefoglalás

1. A N-trágyázás növelte a N, K, Ca és S makroelemek, valamint a Na, Mn, S és Mo mikroelemek beépülését a növényi szövetekbe. A tartalék tápanyag $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációja az aratáskori szalmában a N-túltrágyázás nyomán 20-szorosára ugrott.
2. A P-trágyázással szintén emelkedett nemcsak a P, hanem a N, $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca, Mg, Na, Mn, Sr és Cd felhalmozódása a legtöbb növényi részben. A P-Zn antagonizmus eredményeképpen a Zn-tartalom kifejezetten csökkent. Az alkalmazott szuperfoszfátok nagy, 1-2 %-os Sr-szennyezettsége a növényi Sr-felvétel megkétszerezéséhez hozzájárult.
3. A K-trágyázás a K-tartalom növeléséhez, valamint a kation-antagonizmus megnyilvánulásával a Ca, Mg, Sr elemek akkumulációjának mérsékléséhez vezetett. Enyhén visszaszorult a S beépülése is.
4. A maximális 7 t szem + 12 t szalma és pelyva, azaz 19 t/ha földfeletti biomasszával 295 kg N, 183 kg K, 56 kg Ca, 31 kg P, 20 kg Mg és S távozott haktént a talajból. Az 1 t szem és a hozzá tartozó melléktermésre számított fajlagos elemtartalom a trágyázástól függően 29-42 kg N, 13-26 kg K (16-31 kg K_2O), 4-8 kg Ca (5-11 kg CaO), 3,6-4,4 kg P (8-10 kg P_2O_5), 1,8-2,6 kg Mg (3-4 kg MgO), 2-3 kg S között ingadozott.
5. A fajlagos mikroelem-tartalom az alábbiak adódott ezen a talajon a kezelések függvényében: 100-360 g Na, 140-200 g Mn, 100-140 g Fe, 25-38 g Ba, 21-38 g Al, 9-33 g Sr, 21-23 g Zn, 12-14 g B, 7-10 g Cu, 0,2-0,4 g Ni és Mo.
6. A tritikále optimális tápláltsági állapotának jellemzésére a bokrosodás végén vett hajtás összetétele iránymutatóul szolgálhat: 4-5 % N, 0,3-0,5 % P, 2-4 % K, valamint a kiegyensúlyozott ellátottságot tükröző 8-15 közötti N/P, 6-10 között K/P, ill. 1,5-2,5 közötti N/K arány.

9. Mútrágyázás hatása a cirokra (*Sorghum vulgare Pers.*) 1992

9.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Jakuskin (1950) szerint a cirok szárazságtűrése felette áll a kölesnek, magas hőmérsékleten is asszimilál, így helyettesítheti a kukoricát Dél-Oroszország és Közép-Ázsia legforróbb körzeteiben. Mivel későn ér, képes az őszi esők csapadékát hasznosítani. A sztyeppéken hő- és szélfogóként szolgál, másodvetésben későn talajba kerülve magot hozhat. Több célra felhasználható: értékes zöldtakarmány, többször használható vagy legeltethető, jól sarjad, bugája seprűkészítésre alkalmas, magja keményítőben gazdag és az árpával egyenértékű, szesz-, keményítő- és sörgyártásra is alkalmas. Rosztov körzetében a legtermőképesebb gabonanövénynek minősül 3 t/ha feletti magterméssel, de Kubányban 5-6 t/ha termést is elértek.

Hagyományosan a legnagyobb ciroktermesztő India, ahol fontos élelmisznőnövény. Az Egyesült Államok száraz, kukorica övezete alatti déli területein fontos abraktakarmány. Hazánk a ciroktermesztés északi határa, főként a délnyugati és dél-dunántúli megyéinkben jelenthet alternatívát a kukoricával szemben. Különösen, ha éghajlatunk még aszályosabbá válik. A mag érésakor a szár még zöld és lédús marad, így silózható és tömege elérheti a silókukorica szárazanyagának tömegét. Rendelkezünk hazai hibridekkel, kiiktattuk az egyelést és a betakarítás kombájnnal megoldható (*Láng 1976, Barabás és Faragó 1980, Barabás és Bányi 1986, Bacsa és Misota 1981*).

Korábban Magyarországon főként a seprűcirok terjedt el, melynek szakállát seprűkészítésre, magját takarmányozásra vagy ipari célokra, kóróját tüzelőnek, kosárkészítésre, durvább papír (cellulóz) előállítására használták. A seprűcirok *Grábner (1948)* szerint 0,6-1,8 t/ha magot és ugyanannyi légszáraz szakállt adott. A hazai terjesztésben úttörő szerepet vállalt *Szalay (1901)*, aki hangsúlyozta, hogy „...az árterekre hasznosabb, jövedelmezőbb növény nincs a ciroknál.” Mikor áprilisban visszahúzódik a víz az ártérről, a cirok még magra is vethető. *Kerpely (1895)* részletes útmutatást ad a seprűcirok termesztéséhez a Köztelek hasábjain.

Már a korai közlések kiemelik, hogy a cirok nem a talajjal (talajtípussal) szemben igényes, hiszen gyakorlatilag minden termőhelyen vethető, hanem a talaj termőerejével szemben. *Szalay (1901)* így ír: „Friss gyep-törések első évbeni hasznosítására alkalmasabb növényünk talán egyetlen egy sincs, de még a legműveletlenebb, a legvadabb talajon is jól díszlik.” Véleménye szerint azonban a túlzott istállótrágyázás minőségromló lehet. Ami a mútrágyákat illeti megjegyzi, hogy a N-mútrágyák az érést késleltethetik, leginkább a P-mútrágya fejt ki kedvező hatást.

Grábner (1948) szintén aláhúzza, hogy a cirok sok felvehető tápanyagot igényel kezdeti fejlődésekor és kifejezetten trágyaigényes kultúra. Mivel a vetést követő 1-2 hónap alatt vontatott a növekedése, gyomnövelő. *Lásztity (1995)* Duna-Tisza közti meszes homokon azt tapasztalta, hogy a virágzás kezdetéig, augusztus elejéig, az aratáskori szárazanyag hozam 20 %-át halmozta fel a növény. A szerző közlése szerint az aszályos 1992. évben trágyázással 1,4-ről 2,2 t/ha-ra nőtt a szem,

ill. 1,0-ról 1,7 t/ha-ra a szár légszáraz hozama. Igazolható volt a N, NP és NPK kezelések hatása 80 kg N, 120 kg P₂O₅ és 80 kg K₂O hektáronkénti adagolással.

Sajnos a gyakorlatnak is megbízható eligazítást nyújtó kísérleti adatokat alig találunk az irodalomban. E tekintetben a cirok periférikus kultúrának minősül. Nem ismert átfogóan a növény tápelemfelvételi mechanizmusa, fajlagos elemigénye, növénydiagnosztikai optimumai, a talajvizsgálati adatok és a termés, ill. minőség összefüggése stb. Az agrokémiai alapozó kutatás hiányosságai miatt nem érvényesülhet a tudományos igényű szaktanácsadás, mely a racionálisabb termelést segíthetné. Munkánk célja az említett hiányosságok részbeni pótlása és annak vizsgálata, hogy egy tipikus mezőföldi búzatalajon milyen trágyahatásokra számíthatunk? Mennyiben lehet a cirok a kukoricával versenyképes vályog csernozjom talajon egy extrém száraz évben?

9.2. Anyag és módszer

Kísérletünk 19. évében Alföld-1 hibrid szemescirok termesztésére került sor. A vetés 1992. május 11-én történt 50 cm sortávolságra, 20 kg/ha vetőmaggal 3-5 cm mélyre. A tenyészidő során állománybonitálást végeztünk július elején és augusztus végén állományfejletségre, majd elszáradásra is. Három ízben az állományt megmintáztuk: 4-6 leveles korban a földfeletti hajtást, bugahányáskor virágzás előtt a buga alatti kifejlett levelet, aratáskor mintakévé vettünk parcellánként 20-20 növény begyűjtésével.

Parcellánként megállapítottuk a növények átlagos magasságát; a szem, a szalma és a pelyva termését, valamint a szemek 1000-magtömegének alakulását. Hasonlóképpen azonosítottuk parcellánként az előforduló gyomfajokat és a növényborítottságot. A növénymintákat analízisre előkészítve finomra daráltuk és meghatároztuk fontosabb elemkészletüket cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ feltárás után ICP technikát alkalmazva. Nitrogént a hagyományos cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ roncsolás után elemeztük. A kombájn aratást követően a szántott rétegből talajmintákat vettünk 20-20 lefűrés/parcella anyagának összekeverésével. Mintákban az ammoniumlaktát-oldható PK tartalmakat vizsgáltuk meg.

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk: Az 1992. évben a sokévi átlagnál (590 mm) jóval kevesebb (470 mm) eső hullott. Az elővetemény triticales lekerülése után 1991. évben július vége - december vége között 268 mm csapadékot kapott a kísérleti terület. A cirok vetéséig, 1992. májusáig ehhez még 56 mm járult. A tenyészidő alatti havi csapadékösszegek az alábbiak voltak: május hónapban 9, júniusban 156, júliusban 14, augusztusban 3, szeptemberben 17, októberben 125 mm, azaz összesen 324 mm rendkívül egyenetlen eloszlásban. Elméletileg tehát 268 + 52 + 324 = 644 mm vízkészlettel rendelkezhetett a növényzet, amennyiben a talaj a lehulló csapadékot megfelelően tárolta a gyökérszónában.

Az adatokból látható, hogy aszályos volt a május, július, augusztus és szeptember, valamint erősen csapadékos a június és az október. A száraz május miatt a fejlődés igen lassú volt és az állomány erősen elgyomosodott. A csapadékos október miatt viszont késett az érés, a szár zöld és lédús maradt és megnehezült a kombájnolás, mely kitolódott november elejére. A forró júliusi és augusztusi nyári hónapok alatt mindösszesen 17 mm eső hullott. Megemlítjük, hogy kísérleti

telepünkön az OTK kukorica műtrágyázási tartamkísérletekben 1992-ben 3-6 t/ha közötti szemterméseket kaptunk a kezelésektől függően.

9.3. Gyomosodás, termés és minőség

A gyomirtó permetezés előtt 4-6 leveles korban végzett felvételezés szerint a gyomfedettség a kontrollon mért 10 %-ról 30-40 %-ra ugrott az NxP túltáplálás nyomán. A szemescirok borítottsága az N₀P₂ kezelésben mért 60 % körüli értékről 30 % körülire csökkent az N₃P₀ parcellákon. E növény tehát érzékeny a N-túlsúlyra, a legtöbb gyomfajhoz hasonlóan. Az átlagos gyomfajszám is igazolhatóan, 4,7-ről 3,3-ra mérséklődött a N-trágyázással. Az alábbi gyomfajokat azonosítottuk még a kísérletben: *DAT ST*, *RES LU*, *CHE AL*, *CHE HY*, *AMA AL*.

1. táblázat NP-kezelések hatása a növényborítottságra 1992. július 3-án

Vizsgált jellemzők	NP-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
	N-hatására, %					
Összes fedettség	68	69	67	70	7	68
Cirok borítottság	55	46	43	40	5	46
Összes gyomborítás	13	22	24	31	6	23
Ebből: <i>AM BL</i>	9	18	19	25	7	18
<i>AM RE</i>	2	3	4	5	3	3
	P-hatására, %					
Összes fedettség	49	67	78	80	7	68
Cirok borítottság	36	45	49	54	5	46
Összes gyom	13	22	30	26	6	23
Ebből: <i>AM BL</i>	10	19	23	18	7	18
<i>AM RE</i>	1	1	4	7	.3	3
Gyomfajok száma*	4,3	3,7	3,5	3,7	0,7	3,8

*Átlagos gyomfajszám. Egyéb előforduló gyomfajok: *Datura stramonium*, *Reseda lutea*, *Chenopodium album* és *hybridum*, *Amaranthus albus*

Kétségtelen, hogy az együttes NxP túltrágyázási szituációt döntően két gyomfaj, elsősorban a henye disznóparéj (*AM BL*), másodsorban a szőrös disznóparéj (*AM RE*) hasznosította. A henye disznóparéj általi borítottság %-a csaknem megháromszorozódott a növekvő N-adagokkal, ill. megkétszereződött a javuló P-ellátottsággal. Valójában azonban a szőrös disznóparéj tényerése a drámai, hiszen az együttes NxP túltrágyázás nyomán fedettsége nagyságrenddel nőtt meg, főként az emelkedő P-ellátottsággal párhuzamosan. K-trágyázás a fedettségi viszonyokat igazolhatóan nem módosította (1. táblázat).

Az ásványi táplálás megváltoztathatja a növény fejlődését és ezen keresztül a gyomokkal szembeni viselkedését. Gyomosodás mind az alul, mind a túltáplálás esetén erősödhet, amennyiben csökken a talaj kultúrnövénytől való borítottsága, a kultúrnövény konkurenciakiépessége. A széles gyomspektrumból olyan fajok indulnak ugyanis erőteljes fejlődésnek, melyek leginkább hasznosítani képesek az extrém tápláltsági szituációt. A szakszerű trágyázás tehát a biológiai

gyomszabályozás eszközévé válhat, hiszen erőteljes kultúrnövény-fedettséget, ill. minimális gyomborítást eredményez. Erre korábbi eredményeink is utaltak (Kádár 1992). Irodalmi adatok szerint az *Amaranthus* fajok kitűnnek trágyigényességükkel és intenzív elemakkumulációt mutatnak (Lehoczky 1994).

A cirok fejlődését állománybonitálással is nyomon követtük (2. táblázat). A P-hiányos, de N-nel egyoldalúan túltrágyázott kezelésekben a 4-6 leveles hajtás gyengén fejlett, alacsony és ritka maradt július 1-jén. A N-depresszió kevésbé jelentkezett a P-ral jól ellátott talajon. A 20 növény légszárz hajtásának tömege mindössze 36 g-ot tett ki az egyoldalú N-túlsúlyos kezelésben, míg 99 g-ot a N-kontrollnak számító, de P-ral trágyázott parcellákon. A július 23-án bugahányáskor vett levél tömege, valamint az érés kezdetén augusztus 27-én végzett bonitálás eredményei arra utaltak, hogy a trágyahatások iránya nem változott, de mértéke igen. A hatások idővel mérséklődtek.

2. táblázat NPK ellátás hatása a szemescirok fejlődésére. Bonitálások, 1992

Vizsgálat időpontja	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N-hatására						
Július 1.	3,7	3,5	3,1	3,2	0,4	3,4
Augusztus 27.	3,7	3,4	3,3	3,2	0,5	3,4
Augusztus 27.	3,4	3,0	2,8	2,5	0,6	3,0
P-hatására						
Július 1.	2,4	3,3	3,9	4,0	0,4	3,4
Augusztus 27.	2,9	3,4	3,6	3,6	0,5	3,4
Augusztus 27.	2,0	3,1	3,5	3,2	0,6	3,0
K-hatására						
Július 1.	3,0	3,4	3,5	3,6	0,4	3,4
Augusztus 27.	3,0	3,4	3,5	3,6	0,5	3,4
Augusztus 27.	2,2	3,2	3,1	3,4	0,6	3,0

Bonitálás fejlettségre 07. 01. és 08.27.: 1=fejletlen ritka, 5=fejlett sűrű állomány

Bonitálás elszáradásra 08. 27-én: 1=zöldellő levélzet, 5=elszáradó levélzet

Az 1000-mag tömegének változása az éréskori hatásokat tükrözi, a generatív fázist. A 3. táblázat adatai szerint a N-trágyázás depressziót okozott az ezermag tömegében, a P-hatás is mérsékelt maradt. A maximális 4,1 t/ha szem-, ill. 4,8 t/ha szalmaterméseket a N-nel 19 éve nem trágyázott talajon kaptuk a P₁ mérsékelt P-ellátottsági szinten. A N-trágyázás átlagosan 1,3 t/ha szemtermés-veszteséget indukált. Ez a veszteség 2,1 t/ha-ra nőtt a szem, ill. 3,0 t/ha-ra a szalma+pelyva esetében a P-hiányos és egyoldalú N-túlsúlyos kezelésben.

3. táblázat NP ellátás hatása a légszáraz szemescirok mért jellemzőire, 1992

Vizsgált jellemzők	NP-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására						
Hajtás g/20 db ¹	81	60	58	57	7	64
Levél g/20 db ²	24	23	23	22	2	23
Ezermagtömeg g ³	27	25	25	24	1	25
Növénymagas. cm ³	119	112	111	108	3	112
Szem, t/ha ³	3,9	3,4	2,9	2,6	0,3	3,2
Szalma, t/ha ³	3,4	3,0	2,3	2,1	0,4	2,7
Pelyva, t/ha ³	0,6	0,6	0,5	0,5	0,1	0,5
Összesen, t/ha ³	7,9	7,0	5,7	5,2	0,7	6,4
P hatására						
Hajtás g/20 db ¹	44	64	70	78	7	64
Levél g/20 db ²	19	23	24	25	2	23
Ezermagtömeg g ³	24	25	25	25	1	25
Növénymagas. cm ³	114	113	112	111	3	112
Szem, t/ha ³	2,8	3,4	3,5	3,2	0,3	3,2
Szalma, t/ha ³	2,2	2,8	3,0	3,0	0,4	2,7
Pelyva, t/ha ³	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1	0,5
Összesen, t/ha ³	5,4	6,7	7,0	6,7	0,7	6,4

¹Hajtás 07. 01-jén 4-6 leveles korban (átlagosan 13 % légszáraz anyag)

²Levél 07. 23-án bugahányáskor (átlagosan 18 % légszáraz anyag)

³Aratáskor 11.05-én (átlagosan a szem 20 %, a szár 30 % légszáraz anyag)

A szakszerűtlen NP-műtrágyázás eredményeképpen akár a termés felét elveszíthetjük. A cirok K-igénye mérsékeltnak mutatkozott, terméstöbbleteket a K-trágyázás ezen a termőhelyen nem adott. Igaz, hogy a K-túlsúly termésveszteséget sem okozott. Talajvizsgálatokat tekintve a 128 mg/kg AL-K₂O, ill. a 105 mg/kg AL-P₂O₅ készlet megfelelő ellátást nyújthat hasonló körülmények között a 4-5 t/ha szem-, ill. szártermés eléréséhez. Humuszos, jó N-szolgáltatással rendelkező meszes talajon N-trágyázásra nincs különösebb igény. A főtermés/melléktermés aránya 1 körül alakult e növénynél, melyet a műtrágyázás érdemben nem módosított (3.táblázat).

A cirok hajtása 4-6 leveles korban átlagosan 13 %, levele bugahányáskor 18 %, a szem aratáskor 20-22 %, a szár 28-30 % légszáraz anyagot tartalmazott. A N-trágyázás mind 4-6 leveles korban, mind érés idején zöldebb, fiatalabb, szárazanyagban szegényebb állományt eredményezett. A javuló P-kínálat ezzel ellentétesen hatott. A K-kínálattal kezdetben a zöldebb, nedvesebb levél járt együtt. A generatív fázisban azonban a K-trágyázás a P-ral együtt elősegítette a lomb leszáradását, tehát a N fiatalító hatását ellensúlyozta (4. táblázat).

4.táblázat NxP ellátás hatása a szemescirok aratáskori légszáráz termésére, 1992

N-szintek N kg/ha/év	P-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
	Magtermés t/ha					
0	3,88	4,11	3,75	3,69		3,86
100	2,98	3,40	3,70	3,55	0,62	3,41
200	2,19	3,24	3,27	2,79		2,87
300	2,05	2,64	3,12	2,70		2,63
Átlag	2,78	3,35	3,46	3,18	0,31	3,19
	Szár + pelyva t/ha					
0	3,90	4,82	3,84	3,64		4,05
100	2,86	3,10	4,10	4,26	1,04	3,58
200	1,96	2,96	3,10	3,27		2,82
300	1,76	2,63	3,15	2,82		2,59
Átlag	2,62	3,38	3,55	3,50	0,52	3,26
	Összesen t/ha					
0	7,78	8,93	7,59	7,33		7,91
100	5,84	6,50	7,80	7,81	1,60	6,99
200	4,15	6,20	6,37	6,06		5,69
300	3,81	5,27	6,27	5,52		5,22
Átlag	5,40	6,73	7,01	6,68	0,80	6,45

Az aratáskori átlagos növénymagasság is jelezte a N-trágyázás depresszív befolyását, melyet sem a P, sem a K trágyázás nem volt képes ellensúlyozni. Az egy növényre eső szemhozam látványosan nem módosult az NxK trágyázás nyomán. Mivel a N-depresszió átlagosan 10-15 %-ot tehet ki és megegyezik az 1000-mag tömeg csökkenésével, arra visszavezethető. A szemtermés közel 50 %-os csökkenése tehát döntően a N-trágyázással indukált tőhiány csökkenéssel magyarázható.

Összefoglalóan arra a következtetésre juthatunk, hogy száraz években és extenzív gazdálkodás körülményei között, amikor kevés műtrágyát használunk, a szemescirok versenyképes lehet a kukoricával szemben hasonló talajon. Különösen akkor, ha a lédús szárat feltakarmányozzuk vagy egyéb módon hasznosítani tudjuk. További vizsgálatokkal kell tisztázni, hogy kedvezőbb csapadékeloszlású években milyen szárazanyag produkcióra, ill. trágyareakciókra képes a növény hagyományos kukoricatermesztő tájainkon, talajokon.

Megemlítjük, hogy ugyanebben az évben szintén Alföldi F1 cirokfajtával kísérletezett az órbottyáni kísérleti telepünkön *Lásztity (1995)*. A vetés is közel egy időben történt a két telepen, azonban az érés a meszes homoktalajon egy hónappal előbb következett be, a növények gyorsabban leszáradtak. Az összes földfeletti légszáráz anyag hozama a homokon 2,5-3,9 t/ha között ingadozott a kezelések függvényében, míg csernozjomon saját kísérletünkben 3,8-8,9 t/ha között.

Összefoglalás

1. A N-trágyázás 4-6 leveles korban 13 %-ról 31 %-ra növelte a gyomborítást, míg ugyanitt a cirokfedettség 55 %-ról 40 %-ra mérséklődött. A javuló P-kínálattal a gyom és cirok borítottsága egyaránt emelkedett, döntően az *Amaranthus* fajok előretörésével. A K-trágyázás hatástalan maradt.
2. A maximális 4,1 t/ha szemtermést, ill. 9,0 t/ha körüli földfeletti légszáraz hozamokat a N-nel 19 éve nem trágyázott, 105 mg/kg AL-P₂O₅, ill. 128 mg/kg AL-K₂O ellátottságú parcellákon kaptuk. A N-trágyázás depressziót okozott, mely P-hiányos talajon és a 300 kg/ha/év N-adagolás esetén már 50 %-os termésvesztéshez vezetett. A K-trágyázás hatástalan maradt.
3. Extrém száraz években és extenzív gazdálkodás körülményei között hasonló talajon a műtrágyahasználatot mellőzve, a szemescirok versenyképes lehet a kukoricával szemben. Különösen akkor, ha a lédús szárat feltakarmányozzuk vagy egyéb módon hasznosítjuk. Összehasonlításképpen, a kukorica ebben az évben, ezen a termőhelyen 3-4 t/ha szemtermést adott a műtrágyázási tartamkísérletek kontroll parcelláin.

9.4. A szemescirok elemfelvétele

A továbbiakban arra keressük a választ, hogyan változhat a növény elemösszetétele, fajlagos elemtartalma. Mennyiben jelezhető előre a növény tápláltsági állapota a fiatal hajtás, vagy a virágzás kezdetén vett levél analízisével? Milyen összefüggés áll fenn a talaj-, ill. növényelemzési adatok és termés között? Melyek azok a növénydiagnosztikai optimumok, amelyek alapul szolgálhatnak a tudományos igényű szaktanácsadás számára?

Mivel kevés adatot közöltek e növényre, korábban a kukoricára megállapított eredményeket kísérelték meg interpretálni a gyakorlat számára (*Jones & Eck, 1973*). A két növény trágyaigénye és elemösszetétele azonban eltérő, melyre *Benett (1971)* összehasonlító vizsgálatai is utaltak. Az USA déli államaiban *Lockman (1972)* végzett több éven át levéldiagnosztikai kutatásokat. A szemes-cirok termesztési körzetében kapott optimumok, melyek a felülről vett 3. levél összetételére vonatkoztak, virágzás kezdetén az alábbiak voltak: N 3,3–4,0%; P 0,2–0,4%; K 1,4–1,7%; Ca 0,3–0,6%; Mg 0,2–0,5%; Fe 65–100; Mn 80–190; Zn 15–30; B 4–10; Cu 2–7 mg/kg szárazanyagban.

Morard (1984) szerint DNy-Franciaországban 1962 óta termelik a hibrid szemescirokot (*Milo sorghum*) mintegy 100 ezer ha-on. A levéldiagnosztikai optimumokat kiterjedten nem adaptálták. *Bergmann (1992)* a kifejlett legfelső levél mintázását javasolja és az alábbi koncentráció optimumokat közli könyvében: 2,8–4,0 N; 0,25–0,50 P; 2,0–3,0 K; 0,3–0,6 Ca; 0,2–0,5 Mg %-ban, valamint 25–100 Mn; 25–70 Zn; 5–15 B; 5–12 Cu; 0,15–0,30 Mo mg/kg szárazanyagban megadva. *Itthon Lásztity (1995)* kísérte figyelemmel az Alföldi 1. hibrid szemescirok elemtartalmának és szárazanyag-felhalmozásának változását a tenyésztő és az NPK-műtrágyázás függvényében, a Duna–Tisza közti homokon beállított szabadföldi kísérletében. Ugyanezen évben ugyanazon fajtával dolgoztunk saját mezőföldi kísérletünkben, célszerű tehát a szerző adatait részletesebben taglalnunk összevetés céljából.

Lásztity (1995) a július elején vett hajtásban és a kezelések függvényében 2,8–3,0 N; 0,26–0,30 P; 0,7–1,3 K; 1,1–1,3 Ca; 0,4–0,5 Mg; 0,12–0,5 S; a szárban átlagosan 0,62 N; 0,04 P; 1,05 K; 1,36 Ca; 0,49 Mg; 0,09 S; a szemben 2,2 N; 0,26 P; 0,32 K; 0,02 Ca; 0,17 Mg; 0,09 S %-os készletet talált. Aratáskor a szem 1,7; a szár 1,3; azaz az összes föld feletti légszáraz tömeg 3,0 t/ha mennyiséget tett ki a száraz 1992-es évben.

Ami a mikroelemeket illeti, a július elejei hajtás 761 Fe-, 85 Mn-, 36 Zn-, 8 Cu-, 43 Na- és 3 mg/kg B-koncentrációt mutatott átlagosan (*Lásztity, 1996a*). A fajlagos (azaz 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés) elemtartalom ebben a kísérletben átlagosan 26 kg N; 2,9 kg P; 11 kg K; 10 kg Ca; 5 kg Mg; 1,4 kg S; 142 g Fe; 83 g Mn; 28 g Zn; 7 g Cu; 5 g B és 41 g Na mennyiség volt (*Lásztity, 1996b*). A szerző megállapításai szerint a nem esszenciálisnak tartott elemek közül az NP-trágyázás növelte a Sr- és Se-, valamint mérsékelte a Ba- és Pb-koncentrációt. Az aratáskori föld feletti szem- + szárterméssel összesen 110 g Al, 100 g Sr, 13 g Ba, kerekén 4 g Se és 1 g Pb elem távozott ha-onként (*Lásztity, 1996c*).

Megemlítjük, hogy a maximális 4,1 t/ha szem-, ill. 4,8 t/ha szárterméseket a 19 éve nitrogénnel nem trágyázott, 105 mg/kg AL-P₂O₅-, ill. 128 mg/kg AL-K₂O-ellátottságú parcellában kaptuk. A N-trágyázás depressziót okozott, mely a P-hiányos talajon és a 300 kg N/ha/év adagolás esetén már 50%-os termésvesztést eredményezett ebben az aszályos évben. A P-trágyázás 0,4–0,6 t/ha kimutatható szemtermés-többleteket adott a kontrollhoz képest. Igazolható depressziót a P-túlsúly nem okozott. A K-trágyázás hatástalan maradt (*Kádár & Radics, 2005*).

A N-trágyázás minden növényi szerv N-tartalmát igazolhatóan növelte. Leggazdagabb volt nitrogénben a fiatal hajtás, ezt követte a bugahányáskori levél, majd a szem. A szem nyersfehérje készlete a 19 éve nitrogénnel nem trágyázott talajon is jelentős volt, 13%-ot ért el, mely 17% körülre emelkedett a maximális kínálattal. A N-adagolás általában serkentette a kén beépülését is a növényi részekbe, kivételt a szár jelentett. A szem kéntartalma alacsony, megegyezik a szalmáéval. Hasonlóképpen kevés mangán, réz és molibdén található a szemtermésben a vegetatív szervekhez képest (*5. táblázat*).

A levél és a szár Mn-, ill. Cu-koncentrációja jelentősen emelkedett a N-kínálattal, míg a szemben ez a serkentő hatás már alig figyelhető meg. Ezzel szemben a Mo-tartalom igazolhatóan mérséklődött a vegetatív részekben, míg a kontrollhoz viszonyítva N-adagolással a szemben megháromszorozódott.

A szem kevés mangánt akkumulált, a stronciumot viszont szinte kizárta. A magtermés átlagos Sr-készlete mindössze 0,6 mg/kg értéket ért el. A szuperfoszfát 2% körüli Sr-szennyezettségére visszavezethetően a vegetatív növényi részek Sr-tartalma 1,5–2,5-szeresére ugrott a P-trágyázással (*6. táblázat*).

A Zn egyenletesen oszlott meg a szárban és a szemben. A termőhely Zn elemmel eredendően gyengén ellátott, melyet a P-Zn antagonizmus tovább erősíthet, kifejezettebbé tehet. Összehasonlításképpen *Lásztity (1996a)* a július elejei hajtásban 36 mg/kg Zn-koncentrációt talált a kísérlet átlagában, a meszes homoktalajon, ahol a Zn-ellátottság szintén mérsékelte. A levélbeni optimum *Lockman (1972)* szerint 15–30 mg/kg, *Bergmann (1992)* szerint 25–70 mg/kg tartományban található a szárazanyagban.

5. táblázat A N-ellátás hatása a légszáraz szemescirok elemtartalmára, 1992

Növényi rész	N-ellátottsági szintek, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	N %					
Hajtás ¹	2,81	3,48	3,53	3,60	0,08	3,36
Levél ²	2,60	2,80	2,93	2,99	0,14	2,83
Szár ³	0,45	0,70	0,82	0,87	0,09	0,71
Szem ³	2,07	2,50	2,53	2,66	0,21	2,44
	S %					
Hajtás ¹	0,19	0,22	0,22	0,23	0,01	0,22
Levél ²	0,17	0,18	0,19	0,19	0,01	0,18
Szár ³	0,10	0,09	0,08	0,08	0,01	0,09
Szem ³	0,08	0,09	0,10	0,10	0,01	0,09
	Mn, mg/kg					
Hajtás ¹	79	86	87	92	6	86
Levél ²	63	85	90	121	10	84
Szár ³	56	94	101	101	8	88
Szem ³	14	14	15	15	1	14
	Cu, mg/kg					
Hajtás ¹	10	12	12	13	1	12
Levél ²	8	12	13	13	1	11
Szár ³	4	9	10	10	1	8
Szem ³	2	3	3	3	0,2	3
	Mo, mg/kg					
Hajtás ¹	0,36	0,31	0,26	0,20	0,15	0,28
Levél ²	0,56	0,55	0,45	0,40	0,11	0,49
Szár ³	0,20	0,19	0,19	0,16	0,03	0,18
Szem ³	0,04	0,14	0,15	0,13	0,06	0,11

¹július 1-jén; ²július 23-án; ³november 5-én aratáskor

A talaj javuló P-ellátottsága átlagosan 10–20%-kal csökkentette a vegetatív növényi részek, ill. növelte a mag K %-át. A mag kalciumban szegény, a vegetatív szervek átlagosan 20-szorosát tartalmazták a magban talált készletnek és ez a készlet nőtt a P-trágyázással. A magnézium egyenletesebb eloszlást mutatott a növényi szervek között, a P-ellátással a Mg-beépülés emelkedett. A szár P-készlete aratás idejére a szembe vándorolt alapvetően, ahol a P-trágyázás hatása tükröződött az emelkedett P-koncentrációkban. Az általánosan elterjedt irodalmi utalásokkal ellentétben a vas beépülését a P-adagolás nem korlátozta, sőt a vegetatív szerveken átlagosan 20–40%-kal növelte a Fe-koncentrációit a kontrollhoz viszonyítva (6. táblázat). A P-ellátottsággal párhuzamosan nőtt a Mn-akkumuláció is a növényi szervekben, különösen a levélben és a szárban, ahol a Mn-tartalom a kontrollhoz képest megkétszereződött.

6. táblázat A talaj P-ellátottsága és a légszáraz szemescirok elemtartalma, 1992

Növényi rész	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263	18	152
	K %					
Hajtás ¹	3,42	3,17	3,02	2,88	0,17	3,12
Levél ²	1,76	1,63	1,55	1,56	0,09	1,62
Szár ³	1,37	1,20	1,03	1,02	0,11	1,16
Szem ³	0,16	0,17	0,19	0,19	0,02	0,18
	Ca %					
Hajtás ¹	0,60	0,64	0,69	0,74	0,04	0,67
Levél ²	0,61	0,71	0,74	0,82	0,04	0,72
Szár ³	0,49	0,52	0,54	0,58	0,05	0,53
Szem ³	0,03	0,03	0,03	0,03	,01	0,03
	Mg %					
Hajtás ¹	0,24	0,29	0,31	0,33	0,02	0,29
Levél ²	0,23	0,28	0,33	0,39	0,03	0,31
Szár ³	0,14	0,17	0,20	0,22	0,02	0,18
Szem ³	0,10	0,11	0,12	0,12	0,01	0,11
	P %					
Hajtás ¹	0,28	0,31	0,34	0,36	0,02	0,32
Levél ²	0,26	0,27	0,27	0,31	0,02	0,28
Szár ³	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
Szem ³	0,21	0,24	0,28	0,30	0,02	0,26
	Fe, mg/kg					
Hajtás ¹	127	127	148	167	8	142
Levél ²	138	136	180	245	17	175
Szár ³	199	198	241	293	19	233
Szem ³	29	30	30	29	3	29
	Mn, mg/kg					
Hajtás ¹	67	77	93	107	6	86
Levél ²	62	71	104	150	12	97
Szár ³	64	72	97	120	8	88
Szem ³	13	14	15	16	1	14
	Sr, mg/kg					
Hajtás ¹	13	18	25	33	2	22
Levél ²	10	14	18	24	2	17
Szár ³	14	16	18	21	2	17
Szem ³	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1	0,6
	Zn, mg/kg					
Hajtás ¹	23	18	15	13	2	17
Levél ²	19	15	11	10	2	14
Szár ³	21	16	13	13	2	16
Szem ³	21	17	15	13	1	17

6. táblázat folytatása

Növényi rész	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263	18	152
	Cu, mg/kg					
Hajtás ¹	12	12	12	11	1	12
Levél ²	14	11	11	10	1	11
Szár ³	10	7	7	8	1	8
Szem ³	2	3	3	3	1	3
	B, mg/kg					
Hajtás ¹	1,6	1,3	1,1	1,1	0,3	1,3
Levél ²	5,9	4,5	4,8	5,2	0,7	5,1
Szár ³	6,0	5,2	5,0	5,0	0,4	5,3
Szem ³	2,0	1,6	1,6	1,4	0,3	1,6

¹július 1-jén; ²július 23-án; ³november 5-én aratáskor

A levéldiagnosztikai irodalomban elfogadott, hogy ha a zöld növényi részek Zn-készlete 20 mg/kg alá esik, ill. a P/Zn aránya 200 fölé emelkedik, gyakorlatilag minden növényfajnál Zn-hiány jelenséggel számolhatunk. A hiány fajtól függően rejtve maradhat vagy az arra érzékeny fajoknál terméseszkkenést okozhat. Kísérletünkben a Zn-koncentráció 20 mg/kg körüli volt a P-kontrolltalajon, mely a P-trágyázással 10–13 mg/kg értékre süllyedt a növényi részekben. A P/Zn aránya a hajtásban a kontrollon mért 122-ről 277-re, a levélben 137-ről 310-re, a szemben 100-ról 333-ra nőtt a maximális P-ellátottságon. A statisztikailag még nem igazolható 0,3 t/ha körüli szemterméseszkkenés csak a 200 mg/kg AL-P₂O₅ feletti ellátottságon jelentkezett (Kádár & Radics, 2005).

Mérséklődött a réz beépülése is a vegetatív szervekbe a javuló P-ellátottsággal. A szemtermés Cu elemében viszonylag szegény volt és összetételét a P-trágyázás nem befolyásolta. A bór főként a levélben és a szárbán dúsult, koncentrációját a P-adagolás minden esetben, minden növényi részben mérsékelte (6. táblázat). Méréseink szerint az Al-, Ba-, Ni- és Cd-koncentráció a hajtásban 24, 4, 0,6 és 0,4 mg/kg, a levélben 30, 5, 0,1 és 0,1 volt a légszáraz anyagban és igazolhatóan nem változott a műtrágyázás hatására. A talaj növekvő K-kínálatával látványosan nőtt a vegetatív növényi részek, különösen a hajtás K-tartalma. A szem káliumban igen szegény – legalábbis a kalászosok magtermésével összevetve – és K-tartalmát a K-trágyázás nem befolyásolta.

A vizsgált kationok (mint a Ca, Mg, Na és Sr) erőteljes antagonizmust mutattak a káliummal. Koncentrációik eltérő mértékben, de minden esetben igazolhatóan csökkentek a vegetatív szervekben. A szemtermés genetikailag stabilabb összetételű és esetenként nagyságrenddel kisebb készlettel rendelkezik (7. táblázat).

7. táblázat A talaj K-ellátottsága és a légszáraz szemescirok elemtartalma, 1992

Növényi rész	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	128	206	301	404	24	266
	K %					
Hajtás ¹	1,96	2,96	3,88	3,70	0,17	3,12
Levél ²	1,33	1,50	1,72	1,95	0,09	1,62
Szár ³	0,62	1,11	1,39	1,51	0,11	1,16
Szem ³	0,18	0,16	0,18	0,18	0,02	0,18
	Ca %					
Hajtás ¹	0,88	0,67	0,58	0,54	0,04	0,67
Levél ²	0,87	0,75	0,63	0,64	0,04	0,72
Szár ³	0,60	0,54	0,50	0,49	0,05	0,53
Szem ³	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03
	Mg %					
Hajtás ¹	0,43	0,31	0,23	0,20	0,02	0,29
Levél ²	0,42	0,32	0,25	0,23	0,03	0,31
Szár ³	0,25	0,19	0,15	0,13	0,02	0,18
Szem ³	0,11	0,12	0,12	0,11	0,02	0,11
	Na, mg/kg					
Hajtás ¹	119	48	36	25	12	57
Levél ²	59	40	42	44	10	46
Szár ³	31	53	67	77	18	57
Szem ³	23	24	22	27	4	24
	Sr, mg/kg					
Hajtás ¹	28	22	20	18	2	22
Levél ²	21	17	14	14	2	17
Szár ³	19	18	16	16	2	17
Szem ³	0,5	0,6	0,6	0,7	0,2	0,6

¹július 1-jén; ²július 23-án; ³november 5-én aratáskor

Míg a K-trágyázás csökkentette, a P-trágyázás növelte a fontosabb vizsgált kationok növénybeni akkumulációját. A K×P kölcsönhatások eredményeképpen az egyes fémek koncentrációi jobban változtak, mint a nitrogén a N-trágyázással, vagy a foszfor P-adagolással, a kálium a K-trágyázással. Így pl. nem folytattunk Ca, Mg, Mn vagy Sr elemekkel külön trágyázást. A 4. táblázat adatai szerint a Ca kereken 0,4–1,1%; a Mg 0,16–0,45%; a Mn 63–131 mg/kg, a Sr 12–42 mg/kg koncentrációtartományban módosult az egyoldalú P-hiánnyal párosult K-túlsúly, ill. egyoldalú P-túlsúllyal párosult K-hiány eredményeképpen a fiatal hajtásban.

8. táblázat Talaj P×K-kínálata és a 4–6 leveles légszárz hajtás elemtartalma, 1992

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	128	206	301	404		
Ca %						
78	0,72	0,59	0,57	0,53		0,60
105	0,82	0,66	0,57	0,51	0,08	0,64
175	0,92	0,69	0,58	0,57		0,69
263	1,06	0,74	0,61	0,57		0,74
Átlag	0,88	0,67	0,58	0,54	0,04	0,67
Mg %						
78	0,36	0,22	0,21	0,16		0,24
105	0,44	0,31	0,23	0,19	0,04	0,29
175	0,45	0,35	0,24	0,22		0,31
263	0,45	0,37	0,26	0,24		0,33
Átlag	0,43	0,31	0,23	0,20	0,02	0,29
Mn, mg/kg						
78	70	69	67	63		67
105	92	79	73	63	12	77
175	109	96	84	85		93
263	131	106	98	93		107
Átlag	100	88	80	76	6	86
Sr, mg/kg						
78	15	12	13	12		13
105	23	18	17	14	4	18
175	32	25	22	21		25
263	42	32	29	26		33
Átlag	28	22	20	18	2	22

A kölcsönhatások meghatározó jelenségei az életfolyamatoknak, hasonló összetett kísérletek lehetővé teszik feltárásukat, megismerésüket a növénytáplálásban. Leginkább kifejezetten a fiatal, zöld, vízdús, fotoszintetikus vegetatív növényi részekben jelentkeznek. Számunkra kiemelt fontosságú lehet a Zn-felvétel serkentése vagy gátlása, hiszen terméskorlátozó tényezővé válhat. A nitrogén serkentheti a Zn-felvételt, de vajon ellensúlyozza-e ezzel a P-indukálta Zn-felvételi gátlást? Lássuk a cink koncentrációinak alakulását az egyes növényi részekben, a tenyészidő egészének függvényében.

A 9. táblázatban bemutatott eredmények szerint a N-trágyázással általában nőtt a Zn-tartalom a P-hiányos talajon. Az erősen P-trágyázotton viszont a N-adagolás már nem növelte, hanem az aratás idején kifejezetten gátolta a cink beépülését a szárba és a szembe. A legalacsonyabb Zn-tartalmakat a foszforral jól ellátott, 263 mg/kg AL-P₂O₅- és 300 kg/ha/év N-trágyázás mellett nyertük. A nitrogén túlsúlya tehát erősítette a P-indukálta Zn-hiány fellépését, nem pedig ellensúlyozta azt.

9. táblázat Talaj N×P-kínálata és a légszáraz szemescirok Zn-tartalma mg/kg, 1992

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
4–6 leveles hajtás július 1-jén						
78	19	23	24	25		23
105	14	18	19	21	4	18
175	14	14	16	15		15
263	12	12	12	14		13
Átlag	15	17	18	19	2	17
Levél bugahányáskor július 23-án						
78	16	20	20	20		19
105	16	15	15	15	5	15
175	11	10	11	11		11
263	11	9	10	10		10
Átlag	13	14	14	14	2	14
Szár aratáskor november 5-én						
78	17	24	24	20		21
105	19	14	15	15	4	16
175	15	14	12	11		13
263	17	12	12	12		13
Átlag	17	16	16	15	2	16
Szem aratáskor november 5-én						
78	19	20	22	23		21
105	16	18	17	17	2	17
175	16	15	15	13		15
263	15	13	13	13		13
Átlag	17	16	17	16	1	17

Amennyiben a szemescirok tápláltsági állapotát a fiatal hajtás vagy a kifejlett felső levelek összetétele alapján kívánjuk megítélni, az optimális ellátottságot a 2,0–3,0% N-, 0,20–0,30% P-, 1,5–3,0% K-tartalommal, ill. 7–15 körüli N/P aránnyal jellemezhetjük. Megemlítjük, hogy hasonlóan alacsonyabb optimumokat közöl az újabkori amerikai irodalom is. Így pl. *Jones (2003)* szerint a levél „normális” összetételét 2,0–3,0% N; 0,2–0,4% P; 1,5–3,0% K; 0,3–0,5% Ca; 0,2–0,4% Mg; 5–10 mg/kg Cu; valamint 10–75 mg/kg közötti Zn, B és Mn-koncentrációk mutatják.

A magtermés ásványi elemekben általában szegényebb, normális összetételét a szerző az alábbiakban adja meg: 1,0–2,0% N; 0,2–0,4% P; 0,3–0,5% K; 0,1–0,2% Mg; 0,03–0,05% Ca; 1–3 mg/kg B; ill. 5–15 mg/kg közötti Mn, Zn és Cu. Példaképpen említi, hogy az 5,1 t/ha mag- + 6,8 t/ha szárterméssel a felvett elemek tömege aratáskor 95+70=165 kg N, 30+12=42 kg P₂O₅, 25+100=125 kg K₂O, 3+15=18 kg Ca, 10+8=18 kg Mg és 7+13=20 kg S mennyiséget tett ki. A nitrogén, foszfor és magnézium nagyobb részét a magban, a K, Ca és S elemek nagyobb részét a melléktermésben találta (*Jones, 2003*). A fenti adatokból számolva az 1 t szem + melléktermés fajlagos elemtartalma tehát kerekén 32 kg N, 8 kg P₂O₅, 25 kg K₂O, valamint 3–4 kg Ca, Mg és S mennyiségnek adódik.

Saját eredményeinket a 10. táblázat foglalja össze. Adataink szerint a szemtermés akkumulálta a N, P, Ni, Cd és Mo nagyobb részét, valamint a S és Zn elemek felét. A vizsgált 20 elemből tehát 13–14 ásványi elem főként a melléktermésben maradt és kombájn betakarításnál visszakerülhet a talajba. A talaj elszegényedése elsősorban N és P elemekben következhet be. Ami a fajlagos elemtartalmakat illeti, a N átlagosan 31 kg, a P₂O₅ 6–7 kg, a K₂O 16–17 kg, a CaO 8 kg, a MgO 5 kg mennyiséget jelzett az 1 t szem- + melléktermésben.

10. táblázat A szemeszűk minimális–maximális és átlagos fajlagos elemfelvétele aratáskor, 1992

Elem jele mértékegység	Szár + pelyva 1,7–4,8 t/ha	Szemtermés 2,0–4,1 t/ha	Együtt 3,8–8,9 t/ha	Átlagos fajlagos*	
N	kg/ha	16–30	50–90	86–120	31
K	kg/ha	14–63	4–7	18–70	14
Ca	kg/ha	9–22	1–1	10–23	6
Mg	kg/ha	3–9	2–5	5–14	3
P	kg/ha	1–2	4–11	5–12	3
S	kg/ha	2–4	2–4	4–8	2
Fe	g/ha	300–1400	50–120	350–1520	272
Mn	g/ha	120–380	24–60	144–440	104
Na	g/ha	80–280	50–120	130–400	83
Al	g/ha	120–250	9–16	129–266	63
Zn	g/ha	34–72	34–73	68–145	32
Sr	g/ha	30–80	1–2	31–82	18
Cu	g/ha	20–29	6–12	26–41	11
Ba	g/ha	14–33	–	14–33	8
B	g/ha	2–6	–	2–6	1,5
Pb	g/ha	2–3	1–2	3–4	1,0
Ni	g/ha	0,1–0,2	1–2	1–2	0,5
Cd	g/ha	0,1–0,2	0,3–0,5	0,4–0,7	0,2
Mo	g/ha	0,1–0,2	0,1–0,4	0,2–0,6	0,1
Cr	g/ha	0,2–0,5	–	0,2–0,5	0,1

*1 t szem + melléktermés

Antal (1987) a hazai szaktanácsadás számára 29–10–31–8–3 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO fajlagos mutatókat közöl. Megállapítható, hogy a N és a CaO jó egyezést mutat, míg a szaktanácsadásban ajánlott P₂O₅ mintegy 50%-kal, a K₂O 80–90%-kal haladja meg a kísérletben mért fajlagosokat, a MgO mennyisége viszont alábecsültnek tűnik. További kísérletek és vizsgálatok szükségesek a megbízhatóbb fajlagos mutatók megállapításához.

Összefoglalás

1. A maximális 4,1 t/ha szem-, ill. 4,8 t/ha szárterméseket a 19 éve nitrogénnel nem trágyázott, 105 mg/kg AL-P₂O₅-, ill. 128 mg/kg AL-K₂O-ellátottságú parcellákon kaptuk. A N-trágyázás depressziót eredményezett, mely a P-hiányos talajon és a 300 kg N/ha/év adagolás esetén már 50%-os termésvesztést okozott ebben az aszályos évben. A K-trágyázás hatástalan maradt. A N-túlsúly serkentette a nitrogén, kén, mangán, réz és gátolta a molibdén beépülését a vegetatív szervekbe. A csökkenő szemtermésben ugyanakkor a molibdén megháromszorozódott a N-kontrollhoz viszonyítva.
2. A P-trágyázás növelte a Ca, Mg, Fe, Mn és Sr, ill. mérsékelte a K, Zn, Cu és B elemek koncentrációját a növény vegetatív részeiben, esetenként a szemben is. Erősen kifejezetté vált a P-Mn és P-Sr szinergizmus a zöld növényi részekben, valamint a P-Zn antagonizmus minden szervben. A K-trágyázás drasztikusan csökkentette a Ca, Mg, Na és Sr kationok felvételét a kation-antagonizmus nyomán.
3. A szemescirok optimális ellátottságát a fiatal 4–6 leveles hajtás vagy a kifejlett bugahányáskori levél 2,0–3,0% N-; 0,20–0,30% P- és 1,5–3,0% K-tartalom; ill. a 7–15 N/P és az 50–150 közötti P/Zn aránya jellemezheti. Adataink iránymutatónak szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.
4. Kombájn betakarításnál, amikor csak a szemtermést visszük el a tábláról, a talaj főként N és P elemekben szegényedhet. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemtartalma kísérletünkben átlagosan 31 kg N, 6–7 kg P₂O₅, 16–17 kg K₂O, 8 kg CaO és 5 kg MgO mennyiségnek adódott. A N és CaO jó egyezést mutatott a hazai szaktanácsadásban ajánlottal, míg a szaktanácsadásban elfogadott P₂O₅ mintegy 50%-kal, a K₂O 80–90%-kal haladta meg a kísérletben mért fajlagos értékeket.

10. Műtrágyázás hatása a silókukoricára (*Zea mays L.*) 1993

10.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A silókukorica ízletes, lédús, nagy energia- és tápanyagtartalommal rendelkező abrak és tömegtakarmány, főként a szarvasmarha számára. A mag nyersfehérje készlete mérsékelt, 7-10 % körüli a szárazanyagban és gyenge minőségű, hiszen 40-50-a zein minimális lizin és triptofán összetevőkkel. A limitáló aminosavak kiegészítése nélkül ez a fehérje csak 40-60 %-ban hasznosulhat a takarmányozás során. A szemtelítődés, az asszimiláták berakódása a szemben 40 % víztartalomnál befejeződik, ill. a biológiai érettség bekövetkezik. Ekkor, viaszérett állapotban a teljes földfeletti termés a maximális szárazanyagot, energiát és tápanyagot adhatja (Láng 1976, Geisler 1988, Izsáki 1999).

A silókukorica előnye, hogy akkor és ott is termesztethető, amikor és ahol a szemeskukorica nem érke be. Agrotechnikája gyakorlatilag azonos a szemeskukoricáéval. Kívánatos, hogy a vetés május végéig befejeződjön, mert különben megviseli a nyári szárazság, bár mint C4 típusú növény a talaj vízkészletét jól hasznosítja. Főgyökere 2 m-ig is lehatolhat a kiszáradó talajban, de a gyökér főtömege a feltalajban található. A mai hibrideknél a szem/csutka tömegaránya, azaz a morzsolási arány 80-85 % körüli, míg a szár/mag termése 1:1 arányt mutat. A vetés 5-6 cm mélyre javasolt 70 ezer tó/ha állományban, 20-25 kg/ha vetőmaggal. A maximális víz- és tápanyagigénye címerhányás és csőképződés idején jelentkezik, mely a vetés idejétől függően július-augusztus hónapok közé eshet (Bocz 1976, Antal 1987, Radics 1994).

A kukoricával foglalkozó legújabb hazai agronómiai irodalom gazdag és sokoldalú. A vetésváltás és monokultúra problémáit, ill. a kukorica termésére ható tényezők szerepét és egymásra hatását mint az öntözés, trágyázás, tőszám stb. a közelmúltban Ruzsányi (1974), Győrffy (1975, 1976), Nagy (1995), Németh (1996) és sokan mások vizsgálták. A szabadföldi műtrágyázási kísérletek eredményei szerint, ami a makroelemeket illeti, a kukorica N és K igényét kell kiemelni. Szinte minden talajon számíthatunk N-hatásokra, valamint a K-mal gyengén vagy közepesen ellátott, főként a laza talajú termőhelyeken K-hatásokra. Különösen megnőhet a trágyaigény a monokultúrás termesztésben. A P-hatások viszont általában mérsékeltek, csak a P-szegény talajon jelentkeztek (Lásztity 1974, Sarkadi 1975, Kadlicskó és Krisztián 1977, Holló 1993, Csathó 1997).

Ami a makroelemeket illeti, szabatos vizsgálatokkal szinte alig rendelkezünk. Az 1970-es évek közepén tapasztaltuk azonban, hogy a P-ral jól ellátott „feltöltött” meszes talajon, ahol az oldható Zn-készlet egyébként is alacsony és a növényi részek Zn-tartalma a kielégítő ellátottság alsó harmadában található, az őszi búza szerveinek Zn-koncentrációja akár a felére is lecsökkenhet (Elek és Kádár 1975). Ugyanebben a szabadföldi kísérletben a Zn-érzékeny kukorica már termés-csökkenéssel reagált a P-indukálta Zn-hiányra (Kádár és Elek 1977, Kádár és Lásztity 1979).

A tapasztalatok alapján áttekintettük a közeli nagyüzem, a Mezőfalvai Mezőgazdasági Kombinát trágyázási gyakorlatát. Itt a kukorica termesztése hasonló talajon folyt és a táblák egy részének P-ellátottsága már nemkívánatos

mértékben emelkedett. A helyszíni talaj- és növényvizsgálatok, valamint az üzemi tápelem-mérlegek adatai alapján javasoltuk a PK-műtrágyák használatának mintegy 50 %-os mérséklését és egyidejűleg a kukorica Zn, ill. az őszi búza Cu trágyaszerekkel való kezelését (Kádár et al. 1981).

Az 1970-es évek derekával földművelésünk P-mérlege országosan is erősen pozitívvá vált, az élenjáró nagyüzemek tábláinak P-ellátottsága gyakran az optimum fölé került (Kádár 1979). Mivel a kukorica a legnagyobb területen termesztett Zn-érzékeny kultúránk és főként a meszes termőhelyek növénye, az 1980-as években meszes csernozjom, valamint meszes homoktalajjal folytattunk tenyészedény kísérleteket a P-Zn elemek közötti kölcsönhatások tanulmányozására. Adataink szerint a P-trágyázás által kiváltott Zn-felvétel gátlását ZnSO₄ talajba keverésével ellensúlyozni lehetett (Kádár és Shalaby 1984, 1986; Shalaby és Kádár 1984).

Megemlítjük, hogy a mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon folyó, még az 1960-as évek végén beállított Országos Műtrágyázási Tartamkísérleteinkben évente 0,4-2,0 t/ha szemtermés-csökkenéssel reagál a kukorica a P-túlsúlyra. A P-túlsúly által kiváltott Zn-hiány, ill. termés-csökkenés Zn-trágyázással megszüntethető volt (Csathó et al. 1989, Csathó 2002). A P-Zn kölcsönhatás vizsgálatára 1977-ben indítottunk ugyanitt szabadföldi tartamkísérletet kukorica monokultúrával. E kísérlet eredményei szerint a P-indukálta Zn-hiány 50-100 kg/ha egyszeri Zn-adaggal ellensúlyozható volt ZnSO₄ formában talajba adva (Kádár és Csathó 2002, Kádár és Turán 2002).

A továbbiakban arra keressük a választ, hogy a silókukorica miképpen reagál a talaj eltérő tápelem-kínálatára? Hogyan változhat a szem és a szár termése, gyomosodása, tőszáma, szerveinek makro- és mikroelem összetétele, elemfelvétele, ill. fajlagos elemtartalma? Milyen talaj- és növényvizsgálati határértékek építhetők a szaktanácsadást, a racionális műtrágyázást?

10.2. Anyag és módszer

A tartamkísérlet 20. évében, cirok elővetemény után 1993-ban silókukoricát termesztettünk. A silókukoricát (Stira hibrid) május 26-án vetettük el 5-6 cm mélyre 10 db/fm, ill. 30 kg/ha vetőmaggal és 70 cm sortávolságra. Megemlítjük, hogy ezt megelőzően április 20-án sárgarépát kíséreltünk meg telepíteni. A sárgarépa nem kelt ki, a terület elgyomosodott. A gyomok kitércsázását, ill. a silókukorica vetését megelőzően parcellánként gyomfelvételezést is végeztünk.

A silókukorica állományát két ízben bonitáltuk fejlettségre a tenyészidő folyamán, 4-6 leveles korban és betakarítás előtt. Növénymintavételre ugyanezen időpontokban került sor parcellánként 20-20 földfeletti növény begyűjtésével. A növénymintáknak megmértük friss és légszáraz tömegét, majd meghatároztuk fontosabb elemeik koncentrációit cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ roncsolást követően és ICP technikát alkalmazva. A N-tartalmakat cc. H₂SO₄ + cc. H₂O₂ roncsolás után analizáltuk. Az aratáskori mag és szár mintákat külön elemeztük. A bokrosodáskori gyomosodási viszonyokat, ill. a területborítottsági %-okat dr. Radics László állapította meg. Talajmintavételre 1992 késő őszen, a cirok betakarítása után került sor. Parcellánként 20-20 pontminta egyesítésével

átlagmintákat vettünk a szántott rétegből és vizsgáltuk az ammonlaktát (AL) oldható P- és K-tartalmakat.

Ami a csapadékellátottságot illeti az alábbiakra utalunk. Az elővetemény cirok aratása 1992. novemberének elején történt. A növény a talajt a tenyészidő alatt kiszáritotta. A silókukorica vetéséig, 1993. május végéig összesen 156 mm csapadékot regisztráltunk a 7 hónap alatt. A silókukorica tenyészidőszakában az alábbi havi csapadékösszegek adódtak: június 12 mm, július 60 mm, augusztus 32 mm, szeptember 66 mm, október 91 mm, november 103 mm. A 6.5 hónap alatt összesen 364 mm esőt kapott a kísérleti terület. Elméletileg tehát $156+364=520$ mm vízkészlettel rendelkezhetett a silókukorica, amennyiben a 13,5 hónap alatt lehullott csapadékot hasznosította. Mind a csapadék mennyiségét, mind annak eloszlását tekintve viszonylag kedvezőtlen évjáratról beszélhetünk. A tavaszi aszály is fellépett ugyanis: márciusban 15 mm, áprilisban 28 mm, májusban pedig mindössze 7 mm eső esett. Aszályos maradt a június és csapadékszegény az augusztus.

10.3. Termés, minőség és ásványi összetétel

A kísérlet 20 évre jól elkülönülő NPK ellátottsági szintek (úgy mint gyenge, közepes, kielégítő, magas vagy káros és azok minden lehetséges kombinációja) alakultak ki a talajban. Megemlítjük, hogy a $\text{NO}_3\text{-N}$ bemosódása a kísérlet 17. évében elérte a 5,0-5,5 m mélységet. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N mintegy 60 %-a volt kimutatható $\text{NO}_3\text{-N}$ formájában (Németh 1996).

Április elején történt vetőágy-készítés után április 20-án vetettük el a sárgarépat. A vetést simahengerrel zártuk le. Egy hónap múlva, május 21-én végeztük a gyomfelvételezést. Az összes gyomborítás kereken 2-14 % között változott az NxP kezelések függvényében. A N-trágyázás 100 kg/ha/év N-adagig növelte a gyomosodást, az ezt meghaladó N-kínálat már depressziót okozott. A P-ellátás javulása egyértelműen gyomnövelő tényezőnek mutatkozott. Uralkodó gyomfaj az *Amaranthus blitoides* volt, mely hasznosítani tudta a májusi aszályt és az NP-kezelések tápelem-kínálatát. Egyéb gyomfajok mint az AMA RE, BIL CO, CHE MI, HEL AN 0,1-0,3 % közötti átlagos előfordulást jeleztek. Az átlagos gyomfajsámot a N-túlsúly igazolhatóan mérsékelte.

A 4-6 leveles kukorica fejlődését ezzel szemben a növekvő P-kínálat egyértelműen gátolta, míg a N-kínálat némileg javította. A silókukorica lassan fejlődött a száraz tavaszi és nyári időszakban, majd az őszi, ill. késő őszi bőségesebb esőzések nyomán érése december közepéig elhúzódott. A trágyahatások mértéke és iránya azonban érdemben nem változott. Betakarításkori bonitálása is erős P-depressziót és enyhe pozitív N-hatást mutatott. Ugyanez a kép tárul elénk a tőszám és az 1000-mag tömegének eredményeiben. A vetéskori 70 ezres tőszám 26 ezer db/ha értékre zuhant a P-túlsúly nyomán. A P-ral „jól” ellátott talajon a kukorica pusztulást mutatott (1. táblázat).

1. táblázat NxP ellátottság hatása a silókukorica fejlődésére, 1993

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Bonitálás 06. 24-én (1=gyengén, 5=erősen fejlett állomány)						
78	4,4	4,9	4,6	4,9		4,7
105	3,0	2,9	3,8	4,0	1,1	3,4
175	1,9	2,1	2,9	2,5		2,3
263	1,5	1,4	1,9	1,9		1,7
Átlag	2,7	2,8	3,3	3,3	0,5	3,0
Bonitálás 12. 13-án (1=gyengén, 5=erősen fejlett állomány)						
78	4,8	4,8	4,9	5,0		4,8
105	3,9	3,6	4,6	4,4	1,1	4,1
175	2,9	2,6	3,8	3,6		3,2
263	2,4	2,4	2,5	2,9		2,5
Átlag	3,5	3,3	3,9	4,0	0,6	3,7
Tőszám 12. 15-én, 1000 db/ha						
78	60	72	63	65		65
105	48	52	56	54	12	52
175	27	32	45	38		36
263	24	22	6	31		26
Átlag	40	44	48	47	6	45
1000-mag tömege 12. 16-án, g						
78	296	313	313	316		309
105	292	311	310	313	13	306
175	289	306	300	307		301
263	291	280	299	298		292
Átlag	292	303	306	308	7	302

A 4-6 leveles kukorica földfeletti hajtása átlagosan 12 % légszáraz anyagot tartalmazott és felére, harmadára csökkent tömege a P-trágyázással. Betakarításkor a szem és a szár 30-35 % légszáraz anyaggal, 1:1 szem: szár tömegarányt adott. A maximális 7 t/ha körüli szem, illetve szárterméseket a 20 éve P-ral nem trágyázott, 100 kg/ha/év N-adagolás mellett nyertük. Az összes földfeletti légszáraz hozam maximuma csutkával együtt 15 t/ha, míg az egyoldalú P-túlsúly esetén 5 t/ha mennyiséget tett ki. A csutka tömege az összes földfeletti légszáraz hozamban átlagosan 8 %-ot képviselt (2. táblázat).

Felmerül a kérdés, milyen mechanizmus okozta a P-depressziót? Közismert, hogy a foszfor közvetlenül nem mérgező a növény számára. Közvetetten azonban terméscsökkenést okozhat tápláltsági diszharmoniót indukálva. A 3. táblázat adatai szerint a talaj P-kínálatával nőtt a Ca, Mg, P, Mn, Sr elemek koncentrációja a 4-6 leveles hajtásban, míg az Al és Zn elemeké csökkent. A P/Zn aránya a kontrollon mért 100 körüliről 300 körülire emelkedett. Irodalmi adatok és saját korábbi vizsgálataink szerint a kiegyensúlyozott P/Zn aránya 50-150 közötti tartományban lehet, 200 feletti P-túlsúly esetén felléphet a Zn hiányából eredő terméscsökkenés, amennyiben a Zn tartalma 20 mg/kg alá süllyed (Kádár és Elek 1977).

2. táblázat NxP ellátottság hatása a légszáraz silókukorica termésére, 1993

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
4-6 leveles hajtás július 5-én, g/20 db						
78	52	84	69	69		68
105	55	68	60	59	22	60
175	31	35	50	45		40
263	28	28	36	38		32
Átlag	42	53	54	52	11	50
Szem, t/ha						
78	5,9	6,7	6,7	6,3		6,4
105	4,7	5,8	6,0	6,2	1,2	5,7
175	2,7	3,2	4,7	4,3		3,9
263	2,2	2,1	2,4	2,8		2,4
Átlag	3,9	4,6	4,9	4,9	0,6	4,6
Szár, t/ha						
78	5,6	7,5	6,0	6,4		6,4
105	4,5	5,7	5,9	5,4	1,6	5,3
175	2,4	3,3	5,4	3,8		3,7
263	2,2	2,0	2,7	2,6		2,4
Átlag	3,7	4,6	5,0	4,6	0,8	4,5
Szem+szár+csutka, t/ha						
78	12,5	15,3	13,8	13,7		13,8
105	10,0	12,5	12,9	12,5	2,6	12,0
175	5,7	7,7	10,8	8,9		8,3
263	4,8	4,5	5,5	5,9		5,2
Átlag	8,2	10,0	10,8	10,2	1,3	9,8

Megjegyzés: a 4-6 leveles hajtás átlagosan 12 %, a szem 30 %, a szár 35 % légszáraz anyagot tartalmazott.

A K-ellátottság javulása elősegítette a N, K, Na, valamint igazolhatóan gátolta a kationok közül a Ca, Mg, Fe, Mn, Cu beépülését. A K/Mg aránya ötszörösére tárgult a K-túlsúly nyomán. Irodalmi adatok és saját vizsgálataink szerint az optimális K/Mg arány 7-15 közöttire tehető. A K-indukálta Mg-gátlás nem valószínűsíti a Mg-hiányt, mint a terméscsökkenés okát. A K-trágyázás nem okozott depressziót. A P-kínálat növelte a Ca, Mg, P és Sr koncentrációit, míg a K kínálata ezzel ellentétesen hatott. A kölcsönhatások eredményeképpen a Ca 0,37-0,73 %, a Mg 0,23-0,66 %, a P 0,30-0,49, a Sr 9-35 mg/kg extrém tartományban változott. A S átlagosan 0,14 % értéket jelzett a kezelésektől függetlenül. Az As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd 0,1 mg/kg mérés határ alatt maradt (3. táblázat).

3. táblázat A talaj P, K ellátottsága és a 4-6 leveles hajtás* elemtartalma, 1993

Elem jele	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Ca %	0,48	0,51	0,54	0,57	0,03	0,53
Mg %	0,36	0,39	0,40	0,43	0,03	0,40
P %	0,30	0,35	0,38	0,44	0,02	0,37
Mn mg/kg	85	91	100	117	7	98
Al mg/kg	38	33	33	30	8	33
Zn mg/kg	28	21	18	15	3	20
Sr mg/kg	11	17	21	27	3	19
P/Zn arány	107	167	211	293	36	194

Elem jele	AL-oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	128	206	301	401		
N %	3,86	3,84	4,05	4,44	0,24	4,05
K %	2,01	2,97	3,80	4,07	0,22	3,21
Ca %	0,67	0,55	0,45	0,44	0,03	0,53
Mg %	0,60	0,43	0,31	0,24	0,03	0,40
P %	0,40	0,39	0,36	0,34	0,02	0,37
Fe mg/kg	126	114	101	100	17	110
Mn mg/kg	113	100	90	89	7	98
Na mg/kg	4	14	59	77	7	39
Cu mg/kg	10,1	9,2	8,3	8,5	0,5	9,0
B mg/kg	8,9	8,3	8,1	8,1	0,8	8,4
Ba mg/kg	2,5	2,0	1,5	1,6	0,5	1,9
K/Mg arány	3,4	6,9	12,2	17,0	2,2	9,9

*légszárász; As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd <0,1 mg/kg, a S 0,14 % átlagosan

A betakarításkori kukorica szárában emelkedett a N, K, Ca, Mg, S, Mn, Sr Cu készlete a N-trágyázás nyomán. A K-trágyázás a N, K, P, Na elemek beépülését javította, míg a Ca, Mg, Zn, Cu, B elemekét mérsékelte. Luxusfelvételt a K jelzett, melynek koncentrációja csaknem 4-szeresére ugrott a kontrollhoz képest. A talaj növekvő P-kínálatával nőtt a P, Mn és Sr, ill. csaknem felére süllyedt a Zn tartalma. A P/Zn arányának túgulása a kontrollon mért értéknek a 3-szorosára emelkedett, diszharmonióra utalva. A Fe átlagosan 700, Al 421, Ba 6, Pb 1,1; Ni 0,8 mg/kg koncentrációt jelzett a kezelésektől függetlenül. Az As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd elemek tartalma 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt (4. táblázat).

A szemtermés összetétele genetikailag stabilabb, kevésbé módosult az NPK-knátal függvényében. A N-trágyázás növelte a N és S; a K-trágyázás mérsékelte a Ca és növelte a K ill. Na; a P-trágyázás segítette a K, P, Mg, Mn, valamint gátolta a Zn és Cu felhalmozódását. A szem P/Zn aránya szintén látványosan jelezte a P-indukálta Zn-hiány jelenségét. A kontroll talajon mért 132 P/Zn hányados 343-ra emelkedett a P-ral jól ellátott talajon. A Fe átlagosan 24, B 1,5; Al 1,4; Sr 0,5 mg/kg készletet mutatott a szemben a kezelésektől függetlenül. Az As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt (5. táblázat).

4. táblázat Az NPK ellátás és a légszáras silókukorica szár elemtartalma,1993

Elem Jele	NPK ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N-trágyázás hatására						
N %	0,69	0,87	0,91	0,97	0,08	0,86
K %	0,62	0,58	0,64	0,73	0,06	0,64
Ca %	0,42	0,45	0,47	0,50	0,04	0,46
Mg %	0,26	0,29	0,29	0,29	0,02	0,28
S %	0,10	0,12	0,12	0,12	0,01	0,12
Mn mg/kg	81	87	92	98	10	90
Sr mg/kg	15	16	16	17	1	16
Cu mg/kg	7	8	9	9	1	8
K-trágyázás hatására						
N %	0,80	0,80	0,88	0,96	0,08	0,86
K %	0,26	0,47	0,87	0,97	0,06	0,64
Ca %	0,49	0,46	0,45	0,44	0,04	0,46
Mg %	0,33	0,30	0,26	0,24	0,02	0,28
P %	0,08	0,09	0,09	0,10	0,01	0,09
Na mg/kg	25	33	36	41	3	34
Zn mg/kg	18	15	14	13	3	15
Cu mg/kg	10	8	8	8	1	8
B mg/kg	5	4	3	3	1	4
P-trágyázás hatására						
P mg/kg	683	789	981	1138	114	898
Mn mg/kg	82	91	87	98	10	90
Zn mg/kg	21	16	12	11	3	15
Sr mg/kg	13	14	17	20	1	16
P/Zn arány	33	49	82	103	12	67

Fe 700, Al 421, Ba 6, Pb 1,1, Ni 0,8 mg/kg kezelésektől függetlenül. As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd <0,1 mg/kg, a S 0,14 % átlagosan

Amint erre utaltunk, a kísérlet 3. és 4. évében szintén kukoricát termesztettünk. A száraz 1976. esztendőben a maximális szemtermés 5.6 t/ha, a kedvező 1977. évben 9,2 t/ha mennyiséget tett ki. Ezek a hozamok a közepes, 120 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottságú parcellákon jelentkeztek. Az „igen jó” P-ellátottságon, azaz a 290 mg/kg AL-P₂O₅ tartalomnál száraz évben igazolhatóan 12 %-kal csökkent a betakarításkori tőszám, 20 %-kal az 1000-mag tömege, megnőtt a fuzáriumos szártörés és 1,4 t/ha szemtermésveszteség lépett fel. Növényvizsgálataink szerint a 4-6 leveles hajtás P/Zn aránya a kontrollon mért 102-ről 288-ra, a szártermésé 22-ről 330-ra, a szemtermésé 85-ről 210-re ugrott (Kádár et al. 2000).

5. táblázat Az NPK műtrágyázás és a légszáraz szem elemtartalma 1993. 12. 15.

Elem Jele	NPK műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N-trágyázás hatására						
N %	1,27	1,46	1,47	1,52	0,04	1,43
S mg/kg	844	889	881	904	32	879
K-trágyázás hatására						
K %	0,74	0,76	0,77	0,78	0,04	0,76
Ca mg/kg	158	134	97	90	14	120
Na mg/kg	1	4	4	4	1	3
P-trágyázás hatására						
K %	0,68	0,73	0,79	0,85	0,04	0,76
P %	0,23	0,26	0,30	0,36	0,02	0,28
Mg%	0,11	0,12	0,13	0,13	0,01	0,12
Zn mg/kg	16,6	13,7	11,4	10,4	1,1	13,0
Mn mg/kg	4,6	4,8	5,2	5,7	0,4	5,1
Cu mg/kg	1,2	0,9	0,8	0,7	0,2	0,9
P/Zn arány	132	184	270	343	46	232

Fe 24, B 1,5, Al 1,4, Sr 0,5 mg/kg átlagosan a kezelésektől függetlenül. As, Se, Ni, Co, Cr, Hg, Cd <0,1 mg/kg, a S 0,14 % átlagosan

Ami a kedvezően csapadékos 1977. évet illeti, a P-túlsúlyos talajon igazolhatóan mérséklődött az 1000-mag tömege és kerekén 1 t/ha szemtermésvesztéséget regisztráltunk. A 4-6 leveles hajtásban a P/Zn arány a kontrollon mért 144-ről 328-ra, a virágzáskori levélben 108-ról 407-re, a szárban 46-ről 367-re, a szemben 121-ről 255-re emelkedett. A P-indukálta Zn-hiány fellépését minden növényi szerv jól jelezte. Az extrémebb P/Zn arányokat a közel 4-szeres tágulást mutató virágzáskori levél, ill. a 8-szoros tágulással bíró, a tápelemek raktárául szolgáló szártermés adta (Kádár 2000).

A szemtermésbe épült a N és P nagyobb része. A K közel fele-fele arányban oszlott meg a szem és szár között. A 6. táblázat eredményei a silókukorica elemfelvételéről és fajlagos elemtartalmáról tájékoztatnak. Ebben az 1993. kísérleti évben szárazság- és hő-stressz érte a korai fejlődésben levő kukoricát. Az ízközők fejlődése ill. a megnyúlás gyorsan befejeződött és az állomány alacsony maradt. Ez a törpenövés okozta, hogy a szár szokatlanul kicsi, míg a szem viszonylag nagy K-készlettel rendelkezett ebben az évben. Az összes többi vizsgált elem döntően a szárban akkumulálódott. Ami a fajlagos, azaz 1 t szem + szár elemtartalmát illeti, a N 23, K 14 (K₂O 17), Ca 5 (CaO 7), Mg 4 (MgO 7), P 3 (P₂O₅ 7) kg mennyiségnek adódott. A hazai szaktanácsadásban 25-11-22-8-3=N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO fajlagos értékeket javasolnak (Antal 1987). A N és CaO viszonylag jó egyezést mutat kísérleti adatainkkal, míg a P₂O₅ mintegy 50 %-os, a K₂O 30 %-os többletet jelez. A fajlagos Mg-igény hasonló talajokon ugyanakkor alábecsült.

6. táblázat A silókukorica elemfelvétele és fajlagos elemtartalma, 1993

Elem jele	Mértékegység	Szemtermés 6,4 t/ha	Szártermés 6,4 t/ha	Összes termés 12,8 t/ha	Fajlagos* elemtartalom
N	kg/ha	92	52	144	23
K	kg/ha	44	41	85	14
Ca	kg/ha	1	29	30	5
Mg	kg/ha	7	18	25	4
P	kg/ha	15	4	19	3
S	kg/ha	6	8	14	2
Fe	kg/ha	-	4	4	0,6
Al	kg/ha	-	3	3	0,5
Mn	g/ha	29	525	554	87
Na	g/ha	19	218	237	37
Zn	g/ha	106	134	240	38
Sr	g/ha	3	83	86	13
Cu	g/ha	8	51	59	9
Ba	g/ha	-	38	38	6
B	g/ha	10	26	36	6
Ni	g/ha	-	5	5	1

*Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma.

Megjegyzés: As, Se, Co, Cr, Hg, Cd felvétele g/ha méréshatár alatt maradt.

Összefoglalás

1. A vetést megelőzően végzett gyomfelvételezés adatai szerint a kontroll talajon mért 2,5 %-os átlagos gyomborítottság közel a 4-szeresére emelkedett a P-trágyázás hatására. A gyomborítás 85 %-át az *Amaranthus blitoides* adta.
2. Legnagyobb terméseket (6,7 t szem + 7,5 t szár + 1,1 t csutka = 15,3 t/ha légszár az földfeletti hozam) a 20 éve P-ral nem trágyázott, 100 kg/ha/év N adaggal kiegészített kezelésekben kaptuk. Itt a szántott réteg 78 mg/kg AL-P₂O₅ készlettel rendelkezett, a hazai szaktanácsadás szerint „gyengén” ellátottnak minősült. K-trágyázás a termést nem befolyásolta.
3. A 263 mg/kg AL-P₂O₅ tartalmú a „jól ellátott” talajon az átlagos betakarításkori tőszám 65 ezerről 26 ezer db/ha-ra, az 1000-mag tömege 309-ről 292 g-ra, a földfeletti légszár az-anyag hozama 1/3-ára, 5 t/ha-ra zuhant. Terméscsökkenés korábbi vizsgálatainkkal összhangban a P-túlsúly által indukált Zn-hiányra volt visszavezethető. A kontroll talajon mért optimális 100 körüli P/Zn arány mind a 4-6 leveles hajtásban, mind a szemtermésben 300 körülire tágult. Hasonló körülmények között a Zn-trágyázás feltétlenül indokolt.
4. A maximális 6,4 t/ha szem + 6,4 t/ha szártermésbe 144 kg N, 85 kg K, 30 kg Ca, 25 kg Mg, 19 kg P és 14 kg S épült be. A hazai szaktanácsadásban a kukorica P-igényét hasonló körülmények között kb. 50 %-kal túlbecsülhetjük. A mikroelemek felvétele az alábbiak adódott: 554 g Mn, 237 g Na, 240 g Zn, 86 g Sr, 59 g Cu, 38 g Ba, 36 g B és 5 g Ni hektáronként. Az As, Se, Co, Cr, Hg, Ca felvétele g/ha méréshatár alatt maradt.

11. Műtrágyázás hatása a sárgarépára (*Daucus carota L.*) 1994

11.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A sárgarépa Európában őshonos növény, emberi fogyasztásra már az ókorban a görögök és a rómaiak is termesztették. Értékét gyökerének gazdag karotin-, cukor vitamin- és ásványi anyag készlete adja. *Cserhádi (1901)* szerint „...sokat érő takarmány, a csikók számára különösen jónak tartják.” *Grábner (1948)* hangsúlyozza, hogy a levélkorona is jól feleltethető, mert értékesebb, mint a takarmányrépa lombja. A vadon termő murok magját szintén gyűjtötték és fűszerként hasznosították. *Prjanisnyikov (1965)* megemlíti, hogy a vad murokból sokévi szelekcióval és jó talajon a kultúr sárgarépához hasonló egyedeket kapott az 1800-as években Vilmorin, a híres répanemesítő. Rossz minőségű kötött talajon viszont a kultúrnövény elveszítheti előnyös tulajdonságait.

Az első évben a növény tőleveleket fejleszt, valamint tartalék tápanyagait a gyökérben halmozza fel. Szárat és magtermést rendszeren a 2. évben hoz. Kezdeti fejlődése lassú, ha a csapadék megfelelő 3–4 hét után kel. A közvetlen istállótrágyázás azért sem ajánlott, mert gyomnövelő. A gyomok kelnek ki először, ilyenkor végezhetünk vakkapálást a csorosozlya mentén. Árnyéktűrő, így köztesként termesztendő. Mák közé is vethető, a két növény trágyaigénye hasonló. A sorokban váltakozva lehet a répa és a mák. Egyelése 4–5 leveles korban kívánatos (*Balázs, 1994; Grábner, 1948; Radics, 1994*).

A sárgarépa laza, mélyrétegű, gyommentes talajt igényel. Gyakran az istállótrágyázott gabona vagy burgonya után következett. Hosszú tenyészidejű, hosszúnappalós növény, közepes hő- és vízigénnyel. Fagyra nem érzékeny, már március elején vethető és késő októberben szedhető. A hosszú tenyészidő miatt utána tavaszi növény következhet. A messze északon is megterem. Maximális víz-, hő- és tápanyagigénye az intenzív gyökérfejlődés idején (július, augusztus és szeptember hónapokban) jelentkezik. A tenyészidő alatt kívánatos a 400 mm körüli csapadékkellátottság. Előnyös lehet a meszes, humuszos, homokos vályogtalaj, mely tápanyaggal jól ellátott. A vadon termő formák is főként ilyen termőhelyen találhatók (*Prjanisnyikov, 1965; Láng, 1976*).

Míg szántóföldi termesztésben – a mákhoz vagy a takarmányrépához hasonlóan – a sárgarépa trágyaigényes növénynek minősül, a kertészeti növények között közepes trágyaigényű kultúrának tartják. A 10 t gyökér és a hozzá tartozó lomb fajlagos elemtartalma 40 kg N, 20 kg P₂O₅, 60 kg K₂O mennyiségnek felel meg. A túlzott N-kínálat hátrányos, mert a gyökér felrepedezik, romlik íze és tárolhatósága. A foszfort kevésbé igényli, főként a bőséges K-ellátást hálálja meg. A kálium növeli cukor- és szárazanyag-tartalmát, javulhat az íz és a tárolhatóság. A gyökér termése 20–30 t/ha, öntözve 40–70 t/ha (*Balázs, 1994*).

Cserni és munkatársai (1983) tenyésztedény-kísérletben tanulmányozták a sárgarépa tápanyag-reakcióját. Karbonátos homoktalajon optimális adagnak a 125 kg N, 50 kg P₂O₅, 300 kg K₂O bizonyult, míg a hektárra számított 250 kg N depressziót okozott. A kísérleti talaj 2% humuszt, 5% CaCO₃-ot, 350 mg/kg AL-P₂O₅- és 135 mg/kg AL-K₂O-készlettel rendelkezett. A szerzők egy későbbi kísérletükben kimutatták, hogy a N-túlادagolás a növény káros NO₃-N-tartalmát ugrásszerűen növelheti (*Cserni et al., 1989*). Németországi tapasztalatok szerint a

legtöbb talajon a 100 kg/ha N-adag biztosíthatja a nagy termést, jó minőséget és nem lép fel érdemi kilúgzás szabadföldön (*Brückner, 1986*).

A hazai szaktanácsadás számára 40–15–50–16–16 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg/10 t fajlagos irányszámokat ad *Antal (1987)*. Ezek a fajlagos elem-tartalmak a tényleges trágyaigényt jelezhetik a tápanyaggal „kielégítően” ellátott talajon, ahol a tervezett termés által kivont elemek egyszerű visszapótlására szorítkozhatunk. Ezzel szemben a szerző a trágyaigény számításakor a foszforral már jól ellátott talajon is még 32 kg P₂O₅-adagot javasol (több mint a növényi igény kétszeresét). Sőt, a foszforral túltrágyázott és esetenként termés-csökkenéshez vezető 320 mg/kg AL-P₂O₅ feletti tartományban is előír 16 kg P₂O₅-adagot minden 10 t tervezett gyökértermés eléréséhez. Ott, ahol a P-trágyázást hosszú évekig célszerű lehet szüneteltetni a talajtermékenység helyreállítása, a tápelem-diszharmonia megszüntetése érdekében. Részben hasonló anomália jellemzi a K-trágyázási javaslatát is, ahol a 300–400 mg/kg AL-K₂O-tartalmú I. sz. termőhelyen még 22 kg K₂O-adagot tart kívánatosnak minden 10 t tervezett gyökérterméshez.

Finck (1982) megjegyzi, hogy a kertészeti termesztésben intenzívebb a talajhasználat. Egységnyi területen nagy az input és természetesen nagyok a hozamok is. Különösen üvegházi körülmények között szükséges a bőséges trágyázás. Mivel azonban a trágyák viszonylag kis értéket képviselnek a termelési költségekben, általános a túltrágyázás. Mindez felesleges kiadást, tápanyag-diszharmoniót, kimosódást és minőségromlást okozhat. A talaj sótartalma idővel megnő, termékenysége csökkenhet. A trágyázás optimuma, ill. felső határa, maximuma nincs precíz módon megállapítva. A szerző szerint már a szántóföldi zöldszéves forgókban is 3–10-szeres lehet a táblák talajának felvehető elemtartalma, összevetve a környező nem zöldszéves forgók talajával.

A gyökérvzöldségek (mint a sárgarépa, cékla, retek stb.) *Finck (1982)* átlagosan 30–50 kg N, 7–12 kg P (16–27 kg P₂O₅), 40–60 kg K (48–72 kg K₂O), 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 6–10 kg Mg (10–17 kg MgO) fajlagos tartalmakat közöl 10 t betakarított főtermésre + a hozzá tartozó melléktermésre számítva. A szerző szükségesnek tartja megemlíteni, hogy a tápanyag-túlkínálat miatt a fajlagos tartalmak luxusfelvételt is tükröznek az élettani szükségleten túl.

Az MTA TAKI Nagyhörcsöki Kísérleti Telepén mezőszéves csernozjomon 1992-ben Vörös óriás fajtájú sárgarépát termesztettünk. Az aszályos évben átlagosan 14–18 t/ha gyökér és 4–5 t/ha lomb termett. A gyökér 18%, a lomb 30% légszáraz anyagot tartalmazott. A fajlagos elemigény 53 kg N, 15 kg P₂O₅, 25 kg K₂O, 57 kg CaO, 13 kg MgO mennyiségnek adódott, mely lényegesen eltért a hazai szaktanácsadásban ajánlottól. Száraz talajon megnehezült a döntően diffúzióval beépülő kálium felvétele a növényi szövetekbe, a tömegárammal mozgó kalcium ugyanakkor felhalmozódott (*Kádár et al., 2000*).

Munkánk célja bemutatni az NPK-ellátás hatását a sárgarépa fejlődésére, gyomosodására, termésére, lombjának és gyökerének ásványi összetételére, illetve NO₃-N felhalmozására. Ellenőrizni kívánjuk egyúttal a növény fajlagos elemtartalmának alakulását és a tápláltsági állapot jellemzésére szolgáló levéldiagnosztikai határkoncentrációkat, melyek a gyakorlati szaktanácsadás során iránymutatóul szolgálhatnak a trágyaszükséglet megállapításában. A gyomfelvételezést *Radics László* végezte.

11.2. Anyag és módszer

Kísérletünk 21. évében (1994-ben) Vörös óriás fajtájú sárgarépát termesztettünk. A vetés március 21-én történt 2 cm mélyre 50 db/fm, ill. 3 kg/ha vetőmaggal, 36 cm sortávra vetve és 10–15 cm tőtávolságra egyelve. A sorközök kapálását megelőzően gyomfelvételezésre került sor május elején, majd június elején az állományt fejlettségre bonitáltuk. Ekkor, a gyökérbéke kezdetén parcellánként 20–20 lombmintát gyűjtöttünk levéldiagnosztikai analízisre. Betakarítás előtt az állományt újra bonitáltuk és parcellánként 20–20 gyökeres tövet szedtünk a lomb és a gyökér ásványi összetételének vizsgálatára. A szántott réteg talaját 1992 őszén mintáztuk meg parcellánként 20–20 fúrás anyagát egyesítve. A mintákban meghatároztuk az ammónium-laktát- (AL-) oldható PK-tartalmakat. A növénymintáknak mértük a friss és légszáraz tömegét, valamint makro- és mikroelem-készletét cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 feltárást követően, ICP-technikát alkalmazva. A nitrogént a hagyományos cc. H_2SO_4 + cc. H_2O_2 roncsolás után a Kjeldahl-módszerrel határoztuk meg.

Ami a csapadékelőzést illeti, az alábbiakra utalunk. Az elővetemény silókukorica betakarítására későn, 1993 decemberében került sor. A sárgarépa vetéséig eltelt 4 hónap alatt (1994. március végéig) összesen 120 mm csapadék hullott. Ezt követően az aktív tenyészidő során áprilisban 50, májusban 35, júniusban 17, júliusban 22, augusztusban 81 mm, azaz összesen 205 mm eső esett. Mindez fele az optimálisnak, aszályos volt a május, június és július. Az elővetemény silókukorica a talajt kiszáritotta. Elméletileg azonban a szerkezetes csernozjom a tenyészidő előtti 120, ill. a tenyészidő alatti 205, azaz összesen 325 mm vízellátást biztosíthatott a sárgarépa számára, mely az augusztusi bőségebb csapadékot még hasznosíthatta.

11.3. Termés és minőség

A május elejei gyomfelvételezés (1. táblázat) szerint a sárgarépa-borítottság átlagosan mindössze 3%-ot tett ki. A gyomborítás viszont a P-kontrolltalajon mért 3%-ról 50–60%-ra ugrott a foszforral és káliummal egyaránt jól ellátott parcellákon. A gyomborítás döntő hányadát az *Amaranthus blitoides* adta. Hazai források az *Amaranthus* fajok trágyaigényességére is utaltak (Lehoczky et al., 1988; Lehoczky, 1994). Megemlítjük, hogy a N-trágyázás az átlagos gyomfajszámot 5,1-ről 3,8-ra igazolhatóan mérsékelte.

A 2. táblázat adatai szerint a június elején vett lomb tömegét a K-trágyázás átlagosan mintegy 50%-kal növelte. A N-trágyázás hatástalan maradt, míg a növekvő P-ellátással a lombtermés közel 1/3-ával csökkent. Kevéssé kifejezetten, de tendenciájában hasonló a trágyahatások iránya a lomb betakarítása idején is. Megemlítjük, hogy a gyökértermésben a N-trágyázás, tehát a N-túlsúly 2,0–2,5 t/ha veszteséget okozott. A 3% humuszt tartalmazó termőhely ugyanis 100 kg/ha/év körüli N-szolgáltatásra képes mindenféle N-trágya nélkül is, így kielégítette a sárgarépa mérsékelt termésének N-igényét.

A maximális betakarításkori gyökérhozamokat (26–28 t/ha) a nitrogénnel és foszforral 21 éve nem trágyázott kezelések adták, ahol 80–100, ill. 200–300 mg/kg AL- P_2O_5 -, ill. AL- K_2O -készleteket mértünk a szántott rétegben. 200 mg/kg AL-

K₂O-ellátottság felett azonban a terméstöbbletek valójában már nem voltak statisztikailag igazolhatók. A 200 mg/kg AL-P₂O₅ feletti P-ellátottságon viszont a gyökértermés 4–5 t/ha-ral mérséklődött. A P×K kölcsönhatásokat vizsgálva látható, hogy a P-túlsúly kedvezőtlen hatását és részben az aszály negatív következményeit a K-trágyázás képes volt némiképp ellensúlyozni. Erre utalt az is, hogy a betakarításkori lomb nedvességtartalmát igazolhatóan 2%-kal növelte (2. táblázat).

Azt a tanulságot az eddig bemutatott adatokból is levonhatjuk, hogy a sárgarépa mérsékelt trágyaigényes. Sőt, érzékeny lehet a túltrágyázásra, hiszen a maximális 26–28 t/ha friss gyökértermések 21 t/ha-ra csökkentek a javuló P-ellátottsággal.

1. táblázat P×K-ellátottsági szintek hatása a sárgarépa gyomborítására 1994. május 5.

AL-oldható K ₂ O, mg/kg	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD ₅ %	Átlag
	78	105	175	263		
Összes fedettség %-a						
128	6	11	27	26		18
206	5	13	28	57	17	26
301	7	14	29	69		30
404	8	13	40	55		29
átlag	6	13	31	52	8	26
Összes gyomfedettség %-a						
128	2	8	24	24		15
206	3	8	25	54	17	22
301	3	12	26	66		27
404	4	9	37	52		26
átlag	3	9	28	49	8	22
<i>Amaranthus blitoides</i> %-a						
128	1	7	23	22		13
206	2	7	23	52	17	21
301	2	11	24	64		25
404	2	8	35	50		24
átlag	2	8	26	47	8	21
<i>Bilderdychia convolvulus</i> %-a						
átlag	0,27	0,29	0,54	0,52	0,20	0,40
<i>Stachus annua</i> %-a						
átlag	0,56	0,56	0,48	0,29	0,21	0,47

Megjegyzés: Az átlagos gyomfajszám a nitrogén hatására 5,1-ről 3,8-ra mérséklődött

2. táblázat P×K-ellátottsági szintek hatása a sárgarépa friss termésére, 1994

AL-oldható K ₂ O, mg/kg	AL- oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Lomb június 8-án, g/20 db						
128	84	82	65	58		72
206	103	105	97	73	21	94
301	106	123	106	82		104
404	132	125	108	95		115
átlag	106	108	94	77	10	96
Lomb szeptember 7-én, t/ha						
128	8,2	8,1	8,0	7,2		7,9
206	9,2	9,2	8,0	7,3	1,7	8,4
301	9,0	8,0	8,2	7,7		8,2
404	8,9	9,5	8,9	7,6		8,7
átlag	8,8	8,7	8,3	7,4	0,8	8,3
Gyökér szeptember 7-én, t/ha						
128	22	20	21	19		20
206	26	25	22	21	4	24
301	27	26	25	22		25
404	27	27	25	22		25
átlag	25	24	23	21	2	24

Megjegyzés: A N-trágyázás 2 t/ha gyökértermés-csökkenést okozott. A K-trágyázás 2%-kal igazolhatóan növelte a lomb víztartalmát. Június 8-án a lomb átlagosan 15%, szeptember 7-én 22%, a gyökér 13% légszáraz anyagot tartalmazott

Amint a 3. táblázatban látható, ugyanitt a kiegészítő vagy fenntartó 50, ill. 100 kg/ha/év P₂O₅ már csak 10–12 t/ha gyökértermést eredményezett. A fenntartó 100, ill. 200 kg/ha/év K₂O-trágyázás pedig nem ellensúlyozta a P-túlsúly negatív hatását. Sőt, az együttes PK-trágyázás nyomán a gyökértermés 5 t/ha-ra zuhant. A sárgarépa gyakorlatilag kipusztult. Helyét olyan gyomfajok foglalták el, melyek képesek voltak hasznosítani az extrém tápanyagkínálatot.

A növény tápláltsági állapotát a gyökérképződés kezdetén vett lomb összetétele jól jellemezheti. Bergmann és Neubert (1976) szerint a kielégítő N-ellátottságnak a 2–3% közötti N-tartalom felelhet meg. Esetünkben ezt a koncentrációt a 21 éve nitrogénnel nem trágyázott növények levelei is meghaladták. A kialakult N-túlkínálatra az emelkedett NO₃-N-készlet utal látványosan. Mint ismeretes, a NO₃-N növekedése a növényben luxusfelvétellel utal. A N-túlsúly nyomán igazolhatóan nőtt még a Mn- és a Zn-koncentráció, míg a többi vizsgált elemé mérséklődött (4. táblázat).

Figyelmet érdemel, hogy a lomb Mo-készlete már a kontrolltalajon is mérsékeltnak mutatkozott. A N-trágyázással ez a Mo-koncentráció közel 1/4-ére zuhant, tehát kialakulhatott egy rejtett Mo-hiányos állapot. A N/Mo elemarányok eltolódása is erre utalhat. Az optimális N/Mo arány 30–100 ezer közötti tartományra tehető a normális tartalmakból számolva. Esetünkben a N-kontroll-

talajon 67 ezer, míg a 300 kg/ha/év N-kezelésben 293 ezer ez az arány, azaz 4,4-szeresére tágult (4. táblázat).

3. táblázat PK fenntartó műtrágyázási szintek hatása a sárgarépa termésére és gyomosodására különböző P-ellátottságú parcellákon betakarításkor, 1994. szeptember 7-én

kg/ha/év		AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
P ₂ O ₅	K ₂ O	78	105	175	263		
Friss gyökértermés, t/ha							
50	–	21	17	16	12		16
100	–	11	11	12	10	5	11
50	100	21	17	15	9		15
100	200	13	7	8	5		8
átlag		16	13	13	9	3	13
Friss lombtermés, t/ha							
50	–	7,5	6,1	5,7	4,3		5,9
100	–	3,9	3,8	4,3	3,6	1,4	3,9
50	100	7,5	6,0	5,4	3,2		5,5
100	200	4,6	2,4	2,9	1,8		2,9
átlag		5,9	4,6	4,6	3,2	0,7	4,6
Bonitálás gyomosságra (1 = gyengén, 5 = erősen gyomos)							
50	–	1,3	2,3	2,3	3,4		2,3
100	–	2,5	3,5	2,5	3,8	1,4	3,1
50	100	2,4	2,9	3,8	4,8		3,4
100	200	4,1	4,1	4,5	4,5		4,3
átlag		2,6	3,2	3,3	4,1	0,7	3,3

Megjegyzés: A gyökér átlagosan 13%, a lomb 22% légszáraz anyaggal

A talaj javuló P-kínálatával igazolhatóan emelkedett a P-, Sr-, Mo- és Cd-, valamint mérséklődött a Fe-, Al-, Zn- és Cu-beépülés. A lomb P-tartalma alapján már a P-kontrolltalajon fejlődött sárgarépa is kielégítően ellátottnak minősíthető. A P-túlsúly indukálta változásokat elemezve megállapítható, hogy a növényi Sr-tartalom látványos növekedése összefügghet a hazai szuperfoszfátok nagy (2%-ot is elérő) Sr-készletével. Élettani, agronómiai szempontból a P-indukálta Zn-tartalom csökkenés figyelemre méltó.

A termőhely eredendően gyenge Zn-ellátottságú, így a P-túlsúly Zn-hiányt hozhat létre az ismert P-Zn antagonizmus eredményeképpen. Erre vezethető vissza a P-trágyázás depresszív hatása. Ismeretes, hogy a 80–150 közötti P/Zn arány az ideális a fiatal növényi szövetekben. Amennyiben a foszfor túlsúlya 200–300 fölé emelkedik a cinkhez viszonyítva, Zn-érzékeny kultúrákban termésesökkenéssel is számolhatunk. Esetünkben a P/Zn aránya a P-kontrolltalajon 123, míg az extrém P-túlsúlyos kezelésben 271 volt ebben az aszályos évben (4. táblázat).

4. táblázat NPK-műtrágyázási szintek hatása a légszáraz sárgarépalomb összetételére 1994. június 8-án, gyökérképződés előtt

Elem jele és mértékegysége		NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
		0	1	2	3		
N-trágyázás hatására							
N	%	3,56	4,02	4,03	4,10	0,15	3,93
P	%	0,45	0,41	0,40	0,40	0,02	0,42
S	%	0,48	0,35	0,32	0,30	0,03	0,36
NO ₃ N	%	0,25	0,59	0,70	0,73	0,60	0,57
Fe	mg/kg	280	236	241	228	23	246
Mn	mg/kg	131	150	163	161	8	151
Al	mg/kg	171	137	136	132	15	144
B	mg/kg	37	34	33	32	2	34
Ba	mg/kg	35	22	21	20	2	24
Zn	mg/kg	22	22	24	25	3	23
Cr	mg/kg	0,49	0,44	0,44	0,41	0,07	0,44
Mo	mg/kg	0,53	0,24	,20	0,14	0,07	0,28
Cd	mg/kg	0,23	0,17	0,16	0,18	0,04	0,19
P-trágyázás hatására							
P	%	0,38	0,40	0,43	0,46	0,02	0,42
Fe	mg/kg	278	242	240	225	23	246
Al	mg/kg	172	146	134	124	15	144
Sr	mg/kg	43	62	76	93	4	69
Zn	mg/kg	31	25	20	17	3	23
Cu	mg/kg	12	11	10	9	1	11
Mo	mg/kg	0,18	0,26	0,32	0,35	0,07	0,28
Cd	mg/kg	0,15	0,17	0,21	0,22	0,04	0,19
K-trágyázás hatására							
K	%	2,36	3,06	4,67	5,41	0,26	3,88
Ca	%	2,66	2,54	2,17	2,02	0,11	2,35
Mg	%	0,65	0,52	0,42	0,38	0,04	0,49
S	%	0,40	0,38	0,36	0,31	0,03	0,36
Na	%	0,26	0,22	0,09	0,05	0,03	0,15
Mn	mg/kg	169	165	143	128	8	151
Sr	mg/kg	77	73	66	60	4	69
B	mg/kg	77	34	33	32	2	34
Ni	mg/kg	1,2	1,0	1,0	0,7	0,01	1

Megjegyzés: Az As, Hg, Se, Pb és Co elemek általában 0,1 mg/kg mérés határ alatt. A lomb optimális összetétele: N = 2,0–3,0%; NO₃-N = 1–3 mg/g; P = 0,3–0,5%; K = 2,7–4,0%; Ca = 1,2–2,0%; Mg = 0,4–0,8%; Fe = 120–300 mg/kg; Mn = 70–200 mg/kg; Zn = 30–80 mg/kg; Cu = 7–15 mg/kg; Mo = 0,5–1,5 mg/kg szárazanyag (In: Bergmann, 1992)

A molibdén koncentrációja viszont a P-kínálattal közel megkétszereződött, ellensúlyozva a N-trágyázás Mo-tartalmat csökkentő hatását. Említést kell tenni kiemelt toxikológiai jelentősége miatt a kadmiumról. Koncentrációja ugyan

némileg emelkedett a P-trágyázással, de a nyugat-európai tapasztalatoktól eltérően nem érdemben. Közismert, hogy a hazai Kola-alapú szuperfoszfátok kadmiumban szegények, talajaink nem szennyeződtek az elmúlt évtizedekben e veszélyes elemmel. A két esszenciális elem, a vas és réz készlete a normális növényi összetételnek felelt meg (4. táblázat).

A növénybeni K % 2–2,5-szeresére nőtt a talaj növekvő K-kínálatával. A 4% feletti K-tartalomhoz már nem köthető terméstöbblet, ez már a fiatal lomb optimumát meghaladja. A luxusfelvétellel, az optimum feletti koncentrációval azonban nem járt együtt depresszió. Sőt, mérséklődött a már nemkívánatos N- és Ca-túlsúly ezen a meszes, humuszos termőhelyen, javult a K/Ca aránya. A Mg-tartalom süllyedése a kation-antagonizmus következtében azonban már nemkívánatosá válhat a káliummal bőségesen ellátott kezelésekben, amennyiben itt a K/Mg arány a kontrollon mért 4 körülről 14-re tágult a fiatal lombban, az optimális 5–10 K/Mg arányt túllépve. Az extrém K-trágyázás tehát rejtett Mg-hiányhoz vezethet még ezen a meszes, magnéziummal is kielégítően ellátott talajon. A K-trágyázás nyomán csökkent a S-, Na-, Mn-, Sr-, B- és Ni-koncentráció is, míg kifejezett gátlást a Na- és B-beépülés mutatott (5. táblázat).

A betakarításkori előregedő lomb N-tartalma igazolhatóan nőtt, míg a S-, Na- és Ba-készlet mérséklődött a N-adaggal. Egyéb elemek nem jeleztek változást e téren. A P-trágyázással csak a Zn-tartalom csökkent, a Ca, N, Mg, P, Sr és Mn elemek dúsulást mutattak. Mindez döntően, a foszfor kivételével, a termésnövekedéssel előálló töményedéssel is magyarázható. A P/Zn antagonizmust jellemezheti, hogy a P-kontrolltalajon mért P/Zn hányadosa 80-ról 188-ra emelkedett a maximális P-ellátottságon (5. táblázat).

A K-trágyázás megnövekedett K- és Zn-készletet eredményezett a lombban, tehát némileg ellensúlyozta a P-túlkínálat indukálta Zn-tartalom csökkenést is. Utóbbi körülmény hozzájárulhatott a pozitív K-hatások kifejlődéséhez a terméstöbbletek terén. Az egyéb vizsgált elemek koncentrációját viszont rendre mérsékelte. Jelentősen, közelítően a felére csökkent a nátrium, nikkell és kadmium mennyisége a lombban. Úgy tűnik a kálium hozzájárulhat olyan környezetszennyező nehézfémek, mint a nikkell és kadmium felvételének gátlásához, ezzel a tápláléklánc védelméhez (5. táblázat).

A betakarításkori lombnál megfigyeltékhez hasonlóan a gyökérben is nőtt a N- és mérséklődött a Ba-tartalom a N-trágyázással. A P-kezelésekben igazolható volt a P- és a Sr-koncentráció emelkedése, valamint a Zn és Cu csökkenése. Egyéb vizsgált elemek nem jeleztek változást. A leginkább kifejezett hatást a répa összetételére a K-kínálat gyakorolt: a K % 2–3-szorosára ugrott, míg a másik 11 vizsgált elemnél a koncentráció esett. A kation-antagonizmus tehát egy sor elemnél megnyilvánult, beleértve olyan nehézfémeket is, mint a Ni, Cr, Co és Cd. Megemlítjük, hogy az As, Hg, Se, Mo és Pb elemek általában a 0,1 mg/kg mérés határ körül vagy alatt maradtak (6. táblázat).

5. táblázat NPK-műtrágyázási szintek hatása a légszáraz sárgarépalomb elemtartalmára 1994. betakarításkor

Elem jele és mértékegysége	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag	
	0	1	2	3			
N-trágyázás hatására							
N	%	1,74	2,36	2,60	2,62	0,14	2,33
S	%	0,55	0,37	0,32	0,32	0,03	0,39
Na	%	0,31	0,29	0,26	0,25	0,04	0,27
Ba	mg/kg	84	57	53	52	5	61
P-trágyázás hatására							
Ca	%	3,90	4,19	4,50	4,30	0,20	4,22
N	%	2,18	2,38	2,34	2,40	0,14	2,33
Mg	%	0,52	0,57	0,62	0,67	0,05	0,60
P	%	0,20	0,24	0,27	0,30	0,02	0,25
Mn	mg/kg	170	175	188	196	16	182
Sr	mg/kg	74	98	122	135	8	107
Zn	mg/kg	25	23	19	16	3	21
K-trágyázás hatására							
Ca	%	4,57	4,51	4,08	3,73	0,21	4,22
K	%	1,44	1,91	2,87	3,53	0,23	2,44
N	%	2,52	2,28	2,23	2,29	0,14	2,33
Mg	%	0,72	0,64	0,54	0,48	0,05	0,60
S	%	0,42	0,41	0,37	0,36	0,04	0,39
Na	%	0,36	0,35	0,23	0,16	0,04	0,27
Sr	mg/kg	112	120	104	93	8	107
B	mg/kg	27	24	24	23	2	24
Zn	mg/kg	17	18	22	26	3	21
Cr	mg/kg	1,9	2,1	1,8	1,3	0,5	1,8
Ni	mg/kg	2,3	2,0	1,2	0,9	0,4	1,6
Pb	mg/kg	1,3	1,4	1,0	0,9	0,3	1,2
Cd	mg/kg	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Megjegyzés: Az As, Hg, Se, Co és Mo általában a 0,1 mg/kg méréshatár alatt

A növényi szervek ásványi összetételét összevetve az is megállapítható, hogy nitrogénben a leggazdagabb a fiatal lombzat, ezt követi az előregedő lomb, majd a gyökér. A kén, NO₃-N, mangán és bárium főként a föld feletti lombban akkumulálódik. Hasonló a helyzet a Fe, Al, Sr és Cd elemeknél, míg a gyökér a P, Zn és Cu tápelemekben gazdagabb. A molibdén viszont a betakarításkori növényi részekben a kimutatási határ alatt maradt. Az ismert K-, Ca- és Mg-kationok elsősorban a föld feletti növényi részben rendelkeztek nagyobb készletekkel.

A nátrium viszont drasztikusan halmozódott a gyökerekben. A répapfélék közsímben Na-kedvelők, nátriumot gyökereikben extrém módon akkumuláló növények. A 4., 5. és 6. táblázatok eredményeiből az is nyilvánvaló, hogy a kálium döntően a fiatal levélzetben, míg a kalcium és magnézium az előregedő lombban található nagyobb mennyiségben, tehát utóbbiak az előregedés elemei. A nikkal közel azonos mennyiségű a betakarításkori lombban és gyökérben. A

gyökértermés kadmiumban és főként krómban szegényebb, viszont B elemben némileg gazdagabb a lombhoz viszonyítva.

6. táblázat NPK-szintek és a légszár az sárgarépagyökér elemtartalma, 1994

Elem jele és mértékegysége	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag	
	0	1	2	3			
N-trágyázás hatására							
N	%	1,18	1,64	1,65	1,73	0,11	1,55
S	%	0,16	0,17	0,18	0,18	0,02	0,17
NO ₃ -	mg/kg	464	576	662	657	88	590
P-trágyázás hatására							
Fe	mg/kg	286	286	324	330	104	307
Mn	mg/kg	25	26	28	28	2	27
Ba	mg/kg	20	16	14	14	2	16
P	%	0,26	0,32	0,39	0,42	0,04	0,35
Sr	mg/kg	19	26	28	29	2	25
Zn	mg/kg	27	26	22	20	3	24
Cu	mg/kg	10	9	9	8	1	9
K-trágyázás hatására							
K	%	1,32	1,88	2,68	3,08	0,22	2,24
N	%	1,66	1,61	1,50	1,43	0,11	1,55
Na	%	0,79	0,60	0,39	0,31	0,09	0,52
Ca	%	0,44	0,41	0,41	0,40	0,04	0,41
Mg	%	0,27	0,24	0,24	0,21	0,02	0,24
Al	mg/kg	212	185	187	173	33	189
B	mg/kg	31	28	26	26	3	28
Sr	mg/kg	28	24	25	24	2	25
Ni	mg/kg	2,05	1,66	1,46	1,36	0,27	1,63
Cr	mg/kg	0,59	0,46	0,50	0,45	0,15	0,50
Co	mg/kg	0,29	0,26	0,19	0,19	0,04	0,23
Cd	mg/kg	0,14	0,13	0,07	0,08	0,02	0,11

Megjegyzés: Az As, Hg, Se, Mo és Pb általában a 0,1 mg/kg méréshatár alatt

Hely hiányában eltekintünk a kölcsönhatások részletes, táblázatos bemutatásától. Megemlítjük azonban, hogy az N×P-ellátottsági szintek függvényében pl. a fiatal lomb Fe-, Al-, Zn- és Mo-tartalma 200–300, 100–200, 16–34 és 10–65 mg/kg koncentrációtartományban változott. Hasonlóképpen az N×K-trágyázás függvényében a kén 0,24–0,55%, Mn 110–176 mg/kg, B 32–41 mg/kg, valamint a P×K-trágyázás függvényében a Sr-tartalom 40–102 mg/kg értéket mutatott légszár az anyagban gyökéreképződés előtt június 8-án. A betakarításkori lombban és gyökérben ezek a kölcsönhatások már kevésbé voltak kifejezettek.

A sárgarépa elemösszetétele plasztikusan változik a tápláltság függvényében, nyomon követhető a termőhely tápelemkinálata, a tápláltsági állapot anomáliái (szinergizmusok, ionantagonizmusok). A gyökérképződés kezdetén vett lomb elemzése a sárgarépa tápláltsági állapotának ellenőrzésére, így diagnosztikai/szaktanácsadási célokra is alkalmas lehet. A nemzetközi irodalomban ajánlott optimális koncentrációk (Bermann, 1992) iránymutató jelleggel felhasználhatók, melyeket kísérleti körülményeink között ellenőriztünk és pontosítottunk: N = 2–3%, P = 0,3–0,4%, K = 3,0–4,0%, NO₃-N = 1–3 mg/g légszáraz anyagban, Az ideális arányok az alábbiak lehetnek: N/P 5–10, N/K 0,5–1,0, K/P 8–13 és P/Zn 80–150.

7. táblázat A sárgarépa betakarításkori átlagtermése és elemfelvétele, 1994

Elem jele és mértékegysége	Lombtermés	Gyökértermés	Összes termés	Fajlagos elemtartalom*	
	8 t/ha	24 t/ha	32 t/ha		
K	kg/ha	44,2	68,5	112,7	47,0
N	kg/ha	42,3	47,4	89,7	37,4
Ca	kg/ha	76,4	12,6	89,0	37,1
Na	kg/ha	5,0	16,0	21,0	8,8
Mg	kg/ha	10,8	7,4	18,2	7,6
P	kg/ha	4,6	10,6	15,2	6,3
S	kg/ha	7,0	5,2	12,2	5,1
Fe	kg/ha	1,8	0,9	2,7	1,1
Al	kg/ha	2,1	0,6	2,7	1,1
Mn	g/ha	329	82	411	171
Sr	g/ha	194	78	272	113
Ba	g/ha	111	49	160	67
B	g/ha	44	85	129	54
Zn	g/ha	38	73	111	46
Cu	g/ha	13	27	40	17
Ni	g/ha	3,0	5,0	8,0	3,3
Cr	g/ha	3,2	1,5	4,7	2,0
Pb	g/ha	2,2	1,2	3,4	1,4
Co	g/ha	0,7	0,7	1,4	0,6
Cd	g/ha	0,2	0,3	0,5	0,2

* 10 t friss gyökértermés és a hozzá tartozó lomb elemtartalma. Az As-, Hg-, Se- és Mo-felvétel az 1 g/ha méréshatár körül vagy alatt maradt. A lomb 22%, a gyökér 13% légszáraz anyagot tartalmazott

Betakarításkor a sárgarépa 8 t/ha lomb + 24 t/ha gyökér, azaz 32 t/ha friss termésével kerekén 113 kg K (136 kg K₂O), 90 kg N, 89 kg Ca, 21 kg Na, 18 kg Mg, 15 kg P (34 kg P₂O₅), 12 kg S, valamint 3 kg körüli Fe- és Al-felvételt eredményezett ha-onként. A N, K, Na és P elemek nagyobb részét a gyökér, míg a Ca, Mg, Fe, Mn és Al fő tömegét a lomb akkumulálta. Ami a mikroelemeket illeti, a gyökérben dúsult a B, Zn, Cu, Ni és Cd, a lombban pedig a Mn, Sr, Ba, Cr és Pb. A kobalt közelítően fele-fele arányban oszlott meg a föld feletti és a föld alatti növényi termésben (7. táblázat).

Megemlíthető még, hogy az As-, Hg-, Se- és Mo-felvétel az 1–2 g/ha mérés határ körül ingadozott vagy alatta maradt. A 10 t friss gyökértermés és a hozzá tartozó lombtermés fajlagos elemtartalma kereken 47 kg K (56 kg K₂O), 6 kg P (14 kg P₂O₅), 37 kg N, 37 kg Ca (52 kg CaO), 8 kg Mg (13 kg MgO), 9 kg Na, 5 kg S és 1–1 kg Fe és Al mennyiséget tett ki. Amennyiben a lomb leszántásra kerül, hasonló humuszos, karbonátos vályogtalajon elégséges csupán a gyökérterméssel felvett foszfor és kálium visszapótlásáról gondoskodnunk. A 30 t/ha körüli gyökértermésnél ekkor 100 kg/ha K₂O-, ill. 30 kg P₂O₅-igény jelentkezhet mindössze. A N-, Ca- és Mg-ellátást a talaj biztosíthatja. Hasznos lehet még a ZnSO₄-tal végzett mikroelem-trágyázás. A szaktanácsadásban ajánlott 40–15–50–16–16 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO fajlagos irányszámok (Antal, 1987) kísérletünkben összességükben megerősítést nyertek. Kivételt képez az extrém nagy fajlagos CaO értéke, amely a meszes termőhelyre és az aszályos évjáratra vezethető vissza.

Összefoglalás

1. Május elején a sárgarépa csupán 3% borítottságot jelzett, vontatottan kelt, míg a gyomborítás (*Amaranthus blitoides*) 2%-ról 50–60%-ra ugrott az együttes PK-túlsúly nyomán.
2. A maximális 26–28 t/ha gyökérterméseket a nitrogénnel és foszforral 21 éve nem trágyázott kezelések adták, ahol 80–100 mg/kg ammónium-laktát- (AL-) oldható P₂O₅-, ill. 200–300 mg/kg AL-K₂O-tartalom volt a szántott rétegben. 200 mg/kg AL-P₂O₅-tartalom felett a termés drasztikusan csökkent, ill. az extrém PK-túltrágyázás nyomán a növény gyakorlatilag kipusztult és a talaj elgyomosodott.
3. A növény tápláltsági állapota a gyökéreképződés kezdetén vett lomb analízisével jól nyomon követhető, az irodalomban közölt optimum koncentrációk iránymutatóak. Eredményeink szerint ideális a 2–3% N, 0,3–0,4% P, 3–4% K, 1–3 mg/g NO₃-N, valamint az 5–10 N/P, 0,5–1,0 N/K, 8–13 K/P és a 80–150 P/Zn aránya a légszáraz lombban.
4. A N-trágyázás növelte a növényi szövetek N-, NO₃-N-, Mn-, ill. mérsékelte a S-, Ba- és Mo-készletét. A P-kínálattal emelkedett a P-, Sr-, Mo- és Cd-, ill. csökkent a Zn-, Cu-, Fe- és Al-koncentráció. A K-kínálattal nőtt a K, valamint igazolhatóan süllyedt az egyéb vizsgált elemek (N, Ca, Mg, Na, Sr, B, Ni, Cr és Cd) mennyisége a lombban és a gyökérben.
5. A betakarításkori 8 t/ha lomb + 24 t/ha gyökér, azaz 32 t/ha friss terméssel a sárgarépa 113 kg K, 90 kg N, 89 kg Ca, 21 kg Na, 18 kg Mg, 15 kg P, 12 kg S, 2–3 kg Fe és Al, 411 g Mn, 272 g Sr, 160 g Ba, 129 g B, 111 g Zn, 40 g Cu, 8 g Ni, 5 g Cr, 3 g Pb, 1–2 g Co és 0,5 g Cd elemet akkumulált.
6. A hazai szaktanácsadásban ajánlott 40–15–50–16–16 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO fajlagos mutatók, azaz 10 t friss gyökér + a hozzá tartozó lomb elemtartalmának irányszámai, összességükben megerősítést nyertek kísérletünkben. Kivételt a kísérletben mért extrém fajlagos CaO érték jelenthet, mely a meszes termőhelyre és az aszályos évjáratra vezethető vissza.

12. Műtrágyázás hatása a rozsrá (*Secale cereale* L.) 1995

12.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A rozsrá sokoldalúan hasznosítható gabonafélének. Lisztjéből jó minőségű kenyér készíthető, korpája kiváló abraktakarmány, hosszú szívós szalmájaalomként és tetőfedésre is felhasználható. Korán etethető zöldtakarmány, de a homoki szőlő és gyümölcsültetvényekben biztonsággal termeszthető talajvédő és zöldtrágya növényül is szolgálhat. Főként a Nyírség és a Duna-Tisza közti homoktalajokon, ill. Ny-Dunántúl gyenge termékenységű tájain vetik, ahol a búzáröszsül sikertelenül. Gyökérzetét már ősszel kifejleszti és elbokrósodik. Tavasszal korán szárra indul, mert kicsi a hőigénye. Gyors fejlődésével a gyomok kevésbé tudnak lépést tartani, betegségekkel és kártevőkkel szemben kevésbé érzékeny. Termesztési tapasztalatok szerint a homokverést is jól tűri (Antal et al. 1966, Bauer 1975, Láng 1976).

Prjanisnyikov (1965) kiemeli, hogy a gyökér tömege a 6 t/ha mennyiséget is elérheti, melyhez a gyökerek intenzív víz- és elemfelvétele járul hosszú tenyészidővel. A szerző szerint előnye még a fagyűrűs, hó nélküli teleken sem fagy ki. Szárazságtűréséhez az is hozzájárul, hogy vízigénye főleg tavasszal, nyár elején kifejezett, amikor még a téli tartalékot hasznosíthatja. Általánosan elfogadott, hogy trágyaigénye mérsékelt, mert még a szegényebb talajok nyers tápanyagait is képes felvenni. Egyaránt megterem homokon, tőzegen vagy kötöttebb talajon, meszes vagy savanyú termőhelyen (Balás 1889, Becker-Dillingen 1934, Geisler 1988).

Cserháti (1901) szerint legjobb minőségű a nyírségi rozsrá. Előnyös számára a pillangós zöldtrágyázás csillagfürttel és PK műtrágyákkal kiegészítve. Istállótrágyát az elővetemény alá javasolja, de megjegyzi, hogy „...nagyon sovány talajon istállótrágyázva sem dől meg.” A rozsrá közismerten jól elviseli a monokultúrát. Az 1959 őszén Láng István által Duna-Tisza közti homokon beállított „örökrozsrá” tartamkísérletben a termések pl. 20, ill. 30 év után sem csökkentek. Ellenkezőleg, 30-50 %-kal emelkedtek mind a trágyázatlan, mind a műtrágyázott kezelésekben (Láng 1973, Kádár et al. 1984, Lásztity et al. 1993).

Ami a műtrágyahatásokat illeti, a meszes homoktalajon folyó tartamkísérleteinkben az átlagosan 60 kg/ha/év körüli N, P₂O₅ és K₂O adagok bizonyultak hatékonynak. A nagyobb adagok érdemi termésobbleteket nem eredményeztek. A talajok kielégítő PK-ellátottsága a 100-120 mg/kg AL-P₂O₅, ill. AL-K₂O tartalommal volt jellemezhető. A szemtermés átlagosan 0,5-1,0 t/ha, a szalma 1,0-2,0 t/ha mennyiséget tett ki a kontroll parcellákon, míg 1,0-3,0 t/ha szem, ill. 3,0-6,0 t/ha szalma a trágyázott kezelésekben az évektől függően (Láng 1973, Kádár et al. 1984, Lásztity 1986, Lásztity et al. 1993).

A nyírségi savanyú homokon a kontroll parcellák átlagtermése 1,2-1,7 t/ha szemtermést tett ki, jelentősen meghaladta a Duna-Tisza közti meszes homok termőhelyét. Döntően az NP-trágyázás nyomán a szemtermések kedvező években megkétszereződtek. A talajvizsgálatok szerinti kielégítő ellátottság szintén 100-120 mg/kg AL-P₂O₅, ill. AL-K₂O tartalomnál jelentkezett, az optimális adagok itt is a 60 kg/ha/év N, P₂O₅, K₂O mennyiségnek feleltek meg. Ami az évjáratokat illeti

megállapítottuk, hogy a 430-500 mm éves csapadékösszeg tartományhoz kötődtek a nagyobb termések. Az extrém száraz és extrém nedves években egyaránt 20-40 % körüli termésesökkenés következett be (*Láng 1973, Kádár és Szemes 1994, Szemes és Kádár 1990, Márton 2002*).

A rozs elemfelvétele március, április, május hónapokban intenzív, júniusban és júliusban elenyésző. Sőt, az előregedő és lehulló lombbal *Remy (1939)* klasszikus vizsgálatai szerint mintegy 20 %-kal csökkenhet a beépült K, Ca mennyisége. Hasonló eredményekre jutott itthon *Lásztity (1986)* meszes homoktalajon. A növény összetétele az évjárat és a trágyázás függvényében jelentősen változik. *Roemer és Scheffer (1959)* szerint pl. a Halle-i „örökrozs” kísérletben 1919-1928. között a N a magban 1,29-2,39; szalmában 0,20-0,58 %; a P_2O_5 a magban 0,69-1,43; a szalmában 0,08-0,43 %; a K_2O a magban 0,77-1,16; a szalmában 0,55-2,04 %; a CaO a magban 0,07-0,22; a szalmában 0,29-1,00 % tartományban mozgott. A hazai kísérletek hasonló eredményeket adtak homoktalajokon. A N átlagosan 1,4-2,0; a P_2O_5 0,48-0,92; a K_2O 0,50-0,65 % között volt a szemben, ill. 0,3-0,6 % N, 0,09-0,22 % P_2O_5 , 0,6-1,39 % K_2O , 0,20-0,49 % CaO mennyiségeket mutatott a szalma (*Szemes et al. 1982, Kádár et al. 1982, Kádár és Szemes 1994*).

Remy (1939) szerint a 3 t/ha körüli szemtermés és a hozzá tartozó 6 t/ha körüli melléktermések esetén mintegy 87 kg N, 44 kg P_2O_5 , 96 kg K_2O felvétellel számolhatunk. A fajlagos, azaz 1 t szem + mellékterméshez kötődő elemfelvétel tehát 29 kg N, 15 kg P_2O_5 , 32 kg K_2O mennyiségnek adódna. A fajlagos mutatót jelentősen módosíthatja nemcsak a szem és szalma összetétele, hanem a szem/szalma aránya is. Jobb talajon nagyobb szalmatömeg képződhet, tágulhat a szalma/szem arány. *Antal (1987)* 1:1,5-1,7 szem:szalma aránnyal számolva 26-12-26-8-2 = N- P_2O_5 - K_2O -CaO-MgO fajlagos tartalmakat javasol a szaktanácsadás számára.

Duna-Tisza közti meszes homokon *Lásztity és Biczók (1987, 1988)* a trágyázástól függően 25-36 kg N, 9-17 kg P_2O_5 (4-7 kg P), 25-30 kg K_2O (21-25 kg K), 2,1-3,1 kg Ca (2,9-4,3 kg CaO), 1,8-2,6 kg Mg (3-4 kg MgO) fajlagos tartalmakat mértek. Ugyanitt a Fe 260-311, Mn 68-104, Zn 33-45, Cu 10-13 g/t értéket mutatott. E kísérletekben a szem átlagosan 3,2; a szalma 6,2 t/ha termést adott, tehát 1:2 szem:szalma arány alakult ki. Az átlagos fajlagos tartalom 31-13-26-4-4 = N- P_2O_5 - K_2O -CaO-MgO kg/t mennyiségnek adódtak.

Kérdés, vajon milyen termésre képes a rozs nem kimondottan rozstalajon? Trágyázás nélküli extenzív gazdálkodásban mennyiben képes hasznosítani a kötöttebb búzatalaj tápanyagtőkét? Hogyan alakul a trágyaigénye? Hogyan változhat összetétele, termésszerkeztúrája a túltáplálás eredményeképpen? Alkalmas lehet-e mint alternatív „non food” növény energetikai célokra? Milyen talajvizsgálati optimumokat javasoljunk a szaktanácsadásnak hasonló búzatalajon? A jelzett problémák vizsgálata céljából Mezőföldön, meszes vályog csernozjom talajon beállított tartamkísérletünk 22. évében, 1995-ben *Lovászpatonai* fajtájú hagyományos rozstot termesztettünk.

12.2. Anyag és módszer

A rozs vetésére 1994. október 3-án került sor. Állománybonitálást végeztünk 1995. április 24-én bokrosodás vége – szárba szökés kezdete stádiumában. Ekkor

parcellánként 4-4 fm = 0,5-0,5 m² területről a föld feletti hajtást levágtuk és mértük a minták légszárászanyag tartalmát, tömegét és elemösszetételét. A betakarítás idején július 25-én ismét 4-4 fm föld feletti növényi részt gyűjtöttünk be parcellánként a szalma/szem arányának, valamint elemtartalmának vizsgálatára. A főbb agrotechnikai műveletek és megfigyelések mikéntjéről és idejéről az 1. táblázat tájékoztat.

A növényminták makro- és mikroelem összetételét cc. HNO₃+cc.H₂O₂ roncsolást követően és ICP technikát alkalmazva határoztuk meg, míg a N-t a hagyományos cc. H₂SO₄+H₂O₂ feltárással vizsgáltuk. Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Az elővetemény sárgarépat 1994. szeptember 8-án takarítottuk be. Ezt követően 1994. év végéig még 104 mm csapadék hullott. 1995. év januárban 12, februárban 53, márciusban 33, áprilisban 38, májusban 37, júniusban 89, júliusban 30 mm esőt kapott a terület. Elméletileg tehát a rozs 396 mm csapadékkal rendelkezhetett. Ehhez járulhatott még a talaj mélyebb rétegeiből felvett víz mennyisége, melyet a szerkezetes csernozjom talaj tárolhatott, ill. a fejlett gyökérrel rendelkező rozs hasznosíthatott tenyészideje során. A hűvösebb és csapadékosabb június kedvezett a növények fejlődésének. A tenyészidő kitolódott a 290 napot meghaladóan és hatalmas föld feletti tömeg, szalma képződött.

12.3. Termés és minőség

1. táblázat NxP ellátás hatása a rozs fejlődésére, 1995

N-trágyázás N kg/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
*Bonitálás állományra április 24-én						
0	1,0	1,2	1,2	1,5		1,2
100	3,6	4,2	5,0	5,0	0,6	4,5
200	3,6	4,4	4,4	4,5		4,2
300	4,0	4,8	5,0	5,0		4,7
Átlag	3,1	3,6	3,9	4,0	0,3	3,7
Hajtás légszárász tömege április 24-én, t/ha						
0	1,3	1,6	1,8	2,0		1,7
100	3,1	4,3	5,9	5,6	0,9	4,7
200	2,9	4,6	5,6	5,7		4,7
300	3,2	4,8	5,8	5,4		4,8
Átlag	2,6	3,8	4,8	4,7	0,5	4,0
Rozsborítottság %-a május 31-én						
0	88	88	87	90		88
100	97	98	96	100	4	98
200	99	99	98	100		99
300	99	100	100	100		100
Átlag	96	96	95	97	2	96

1 = igen gyengén fejlett, 5 = igen jól fejlett állomány. Adatok a K kezeléseknél átlagai.

A rozs fejlődésére a N és P ellátás gyakorolt befolyást ezen a talajon, míg a K-trágyázás hatástalan maradt. Amint a 1. táblázatban látható, a szárbaindulás

kezdetén maximális állományfejltséget, ill. légszáraz föld feletti tömeget a 100 kg/ha/év N-trágyázás és a 175 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság egyidejű megléte biztosította. A rozs termése a kontrollhoz képest megnégyszereződött, ami a hajtás tömegét illeti. Depressziót a túltrágyázás nem okozott. Május végére a rozs a talajt teljesen beborította a gyomokat elnyomva a trágyázott NP kezelésekben, de még a 22 éve nem trágyázott parcellán is 88 %-os borítottságot mutatott.

Aratás idejére a trágyahatások csökkentek, sőt igazolható depressziót indukált a 100 kg/ha/év feletti N-trágyázás. Mérséklődött a m²-enkénti kalászkok száma. A legnagyobb 1000-mag tömeget a N-kontroll adta, a generatív fejlődési fázisban tehát már az évenkénti 100 kg/ha N-adag is kedvezőtlennek bizonyult. Az átlagos növénymagasság 140-170 cm között változott és mind a N-hiány, mind az N-túlsúly mérsékelte a magasságot. A növekvő P-ellátottság nem módosította érdemben az 1000-mag tömeg és a növénymagasság mutatóit. A maximális N és P adagok együttesen azonban a kalász m²-enkénti számát drasztikusan csökkentették (2. táblázat).

2. táblázat NxP ellátás hatása a rozs terméselemeire aratáskor, 1995

N-trágyázás N kg/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Kalászkok száma, db/m ²						
0	388	360	384	370		376
100	408	382	384	406	92	394
200	396	344	346	370		364
300	404	322	318	224		316
Átlag	400	352	358	342	46	362
1000-mag tömege, g						
0	30,3	30,6	30,3	30,1		30,3
100	28,1	28,9	28,7	29,2	0,8	28,7
200	27,6	27,4	27,1	27,3		27,4
300	27,1	26,6	26,2	26,5		26,6
Átlag	28,3	28,4	28,1	28,2	0,4	28,2
Növénymagasság, cm						
0	143	150	151	164		152
100	168	174	170	169	14	170
200	166	157	154	158		159
300	159	164	155	142		155
Átlag	159	161	157	158	7	159

Megjegyzés: Adatok a K kezelések átlagai.

A tenyészdő második felében, pontosabban a generatív fázisban a rozs képes volt P-igényét kielégíteni a P-ral gyengén ellátott és 22 éve nem trágyázott P-kontroll talajon is, ahol a P-ellátottság 78 mg/kg AL-P₂O₅ tartalommal jellemezhető a szántott rétegben. Az e feletti P-kínálat, amennyiben N-túlsúllyal párosult, szemtermés-csökkenést okozott. A vegetatív szalmatermésben ez a depresszió nem jelentkezett. Ezen a humuszos csernozjomon a szem + szalma aránya 1:2,5-3,0 körülire tágult, a szalma 6-12 t/ha, az összes föld feletti légszáraz biomassa 10-18 t/ha mennyiséget tett ki. E hatalmas biomassa különösebb

mútrágya felhasználás és növényvédő szer alkalmazása nélkül állítható elő és hasznosítható akár energetikai célokra (3. táblázat).

3. táblázat NxP ellátás hatása a rozs légszárz termására, 1995

N-trágyázás N kg/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
	Szem, t/ha					
0	2,4	2,5	2,6	2,9		2,6
100	4,2	4,6	4,3	4,5	0,6	4,4
200	4,1	3,4	3,2	3,2		3,5
300	3,6	3,0	3,1	2,6		3,1
Átlag	3,6	3,4	3,3	3,3	0,3	3,4
	Szalma, t/ha					
0	6,2	6,2	6,7	6,9		6,5
100	7,7	9,3	12,0	12,5	4,6	10,4
200	9,9	8,4	7,8	8,7		8,7
300	8,4	10,0	8,6	12,1		9,8
Átlag	8,1	8,4	8,8	10,1	2,3	8,8
	Szem+szalma+pelyva, t/ha					
0	9,4	9,4	10,1	10,6		9,9
100	13,0	15,0	17,5	18,3	5,2	16,0
200	15,4	12,8	11,8	12,7		13,2
300	13,2	13,8	12,5	15,6		13,8
Átlag	12,8	12,8	13,0	14,3	2,6	13,2
	Szalma+pelyva/szem aránya					
0	3,0	2,8	3,0	2,7		2,9
100	2,1	2,3	3,1	3,1	1,2	2,7
200	2,7	2,8	2,7	3,1		2,8
300	2,6	3,5	3,0	4,9		3,5
Átlag	3,2	3,0	2,7	2,9	0,6	3,0

Pelyva termése átlagosan 1,0 t/ha (0,8-1,3 t/ha között) volt. Adatok a K kezelések (azaz 8-8 ismétlés átlagában)

A N-trágyázás nyomán nőtt a szalma N, K, Ca, Mn, Na és Cu koncentrációja, valamint mérséklődött a Mg, ill. felére zuhant a Ba és P készlete. A növekvő P-kínálattal emelkedett viszont a N, P, Ba, Cr és csökkent a K, Zn, B, Se, Mo beépülése. A N és P tehát antagonistá hatású volt a Ba, míg szinergista hatást gyakorolt a N felvételében. A NxP kölcsönhatások eredményeképpen a N 0,30-0,64 %, míg a Ba 15-40 mg/kg tartományban változott. A K-ellátottsággal javuló K, Pb és Ni koncentráció, valamint felére csökkenő Se-tartalom járt együtt. A S 934, Fe 50, az Al 24 mg/kg értéket jelzett átlagosan, a kezelésektől függetlenül, míg az As, Hg, Co, Cd, Cr mennyisége a 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt (4. táblázat).

4. táblázat Műtrágyázás hatása a légszáraz rozsszalma összetételére, 1995

Elem jele	Mértékegység	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
		0	1	2	3		
N hatására (PK kezelések átlagai)							
K	%	0,71	0,80	0,84	0,85	0,07	0,80
N	%	0,35	0,39	0,48	0,51	0,05	0,43
Ca	%	0,17	0,18	0,21	0,24	0,03	0,20
P	%	0,14	0,09	0,07	0,07	0,02	0,09
Mg	mg/kg	571	488	490	494	36	511
Mn	mg/kg	28	30	34	36	4	32
Ba	mg/kg	36	21	23	18	5	24
Na	mg/kg	4,4	8,6	12,1	12,8	4,8	9,5
Cu	mg/kg	1,5	2,2	2,7	2,8	0,2	2,3
P hatására (NK kezelések átlagai)							
K	%	0,88	0,82	0,79	0,72	0,07	0,80
N	%	0,36	0,37	0,46	0,55	0,05	0,43
P	%	0,07	0,09	0,10	0,12	0,02	0,09
Ba	mg/kg	20	24	26	28	5	24
Sr	mg/kg	8	11	13	14	2	12
Zn	mg/kg	9	8	7	7	1	8
B	mg/kg	3,15	2,85	2,48	2,39	0,42	2,72
Se	mg/kg	1,18	1,04	0,99	0,64	0,52	0,96
Mo	mg/kg	0,41	0,28	0,27	0,26	0,09	0,30
K hatására (NP kezelések átlagai)							
K	%	0,69	0,79	0,85	0,87	0,07	0,80
Se	mg/kg	1,32	1,02	0,84	0,67	0,52	0,96
Pb	mg/kg	0,26	0,27	0,38	0,95	0,39	0,47
Ni	mg/kg	0,16	0,19	0,29	0,28	0,07	0,23

Megjegyzés: As, Hg, Co, Cd, Cr 0,1 mg/kg méréshatár alatt. A S 934, Fe 50, Al 24 mg/kg átlagosan, kezeléstől függetlenül

Ami a szemtermést illeti megállapítható, hogy a N-táplálással javult a N, S, Ca, Mn, Cu és Mo felvétele. A Ba-é viszont gátlást szenvedett. A P-kínálattal együtt emelkedett több makro- és mikroelem, így a N, K, P, Mn, Sr, Cd koncentrációja, míg a Zn és Mo elemeké csökkent. A K-trágyázás esetén hatása csupán három elem változásán követhető nyomon. A Na és a Cr mennyisége mintegy megháromszorozódott, míg a Se tartalma 1/3-ára mérséklődött a növekvő K-ellátottságú parcellákon. A Mg átlagosan 1393, a Fe 72, az Al 41, a B 1,1, a Ni 0,6 mg/kg összetételt mutatott. Az As, Hg, Pb, Co ugyanítt a 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt (5. táblázat).

5. táblázat Műtrágyázás hatása a légszár az roszszem összetételére, 1995

Elem jele	Mértékegység	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
		0	1	2	3		
N hatására (PK kezelések átlagai)							
N	%	1,56	1,85	2,15	2,07	0,05	1,91
S	%	0,15	0,16	0,17	0,18	0,01	0,17
Ca	mg/kg	508	539	628	612	108	572
Mn	mg/kg	47	48	55	56	5	52
Cu	mg/kg	4,80	5,58	6,83	6,89	0,47	6,03
Ba	mg/kg	4,58	3,15	3,08	2,58	1,08	3,35
Mo	mg/kg	0,30	0,38	0,42	0,45	0,10	0,39
P hatására (NK kezelések átlagai)							
N	%	1,80	1,92	1,89	2,02	0,05	1,91
K	%	0,61	0,63	0,65	0,66	0,04	0,64
P	%	0,37	0,43	0,46	0,49	0,04	0,44
Mn	mg/kg	49	50	53	54	5	52
Zn	mg/kg	32	29	28	24	3	28
Sr	mg/kg	1,73	2,05	2,51	2,88	0,39	2,29
Mo	mg/kg	0,49	0,34	0,35	0,37	0,10	0,39
Cd	mg/kg	0,07	0,08	0,10	0,12	0,03	0,09
K hatására (NP kezelések átlagai)							
Na	mg/kg	6,06	8,46	15,7	21,4	9,72	12,9
Se	mg/kg	1,11	1,58	1,32	0,36	0,52	1,09
Cr	mg/kg	0,18	0,19	0,23	0,59	0,20	0,30

Megjegyzés: A Hg, As, Pb, Co 0,1 mg/kg méréshatár alatt. A Mg 1393, Fe 72, Al 41, B 1,1, Ni 0,62 mg/kg átlagosan, kezeléstől függetlenül

A 100 kg/ha/év kezelésekből kapott maximális roszszem elemfelvételéről a 6. táblázat adatai tájékoztatnak. Amint a bemutatott eredményekből látható, a szem akkumulálta a N, P, Zn, Ni, Cr és Cd nagyobb részét, míg a többi 14 vizsgált elem főként a szalmában halmozódott fel. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermék fajlagos elemtartalma 28-16-32-7-5 = N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg mennyiségnek adódott. Ez némileg emelkedettebb értékeket mutat mint a hazai szaktanácsadásban javasolt, ami alapvetően a búzatalaj termékenységére, luxuskinálatára vezethető vissza. Kombájn betakarításnál, amikor csak a szem távozik a tábláról, 18-10-8-1-2 = N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg/t értékkel számolhatunk. Meszes termőhelyen természetesen feleslegessé válik a Ca és Mg trágyázás. Kötöttebb talajon pedig megelégedhetünk a mérsékelt NP-adagolással, amennyiben tényleges hiány mutatkozik.

6. táblázat A 100 kg/ha/év kezelésben kapott átlagos termés elemfelvétele, 1995

Elem jele	Mértékegység	Szem 4,4 t/ha	Szalma+pelyva 11,5 t/ha	Összesen 15,9 t/ha	Fajlagos* elemtartalom
N	kg/ha	81	45	126	28
K	kg/ha	28	92	120	27
P	kg/ha	19	11	30	7
Ca	kg/ha	2	21	23	5
S	kg/ha	7	11	18	4
Mg	kg/ha	6	6	12	3
Fe	g/ha	317	575	892	203
Mn	g/ha	211	345	556	126
Al	g/ha	180	276	456	104
Ba	g/ha	14	242	256	58
Zn	g/ha	123	92	215	49
Na	g/ha	57	99	156	35
Sr	g/ha	10	138	148	34
Cu	g/ha	25	25	50	11
B	g/ha	5	31	36	8
Se	g/ha	5	11	15	3
Ni	g/ha	2.7	2.6	5.3	1.2
Mo	g/ha	1.7	3.4	5.1	1.2
Cr	g/ha	1.3	-	1.3	0.3
Cd	g/ha	0.4	-	0.4	0.1

* 1 t szem és a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma

Összefoglalás

1. Korai fejlődési stádiumban az NxP kölcsönhatások domináltak, a hajtás tömege 4-szeresére nőtt a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva. Depresszió nem jelentkezett. Érés idején a 100 kg/ha/év N-trágyázás, ill. 105 mg/kg AL-(ammóniumlaktát)-oldható P₂O₅ ellátottság biztosította a maximális 4,6 t/ha szemtermés elérését. Az együttes NP-túlsúly nyomán a szemtermés 2,6 t/ha-ra, a 22 éve NP-trágyázásban nem részesült kontroll szintjére süllyedt az aszályos július eredőjeként.
2. A szem:szalma aránya 1:2,5-re, a szem:szalma+pelyva aránya 1:3,0 értékre tágult ezen a jó búzatalajon. A szalma tömege 6 és 12 t/ha, az összes földfeletti légszáras biomassa 9-18 t/ha között változott a kezelések függvényében. E nagy tömegű biomassa különösebb műtrágya vagy növényvédő szer használata nélkül elérhető hasonló, könnyen oldható P-ral és K-mal gyengén-közepesen ellátott termőhelyen, akár szárazabb évjáratban is. A rozs alternatív „non food” növényként is hasznosítható, pl. energetikai célokra. A kapott eredmények egy adott évre vonatkoznak, szükséges ezért az évhatások szerepének tisztázása a jövőben.
3. A műtrágyázás módosította a növényi szervek ásványi összetételét is. Szemtermés akkumulálta a N, P, Zn, Ni, Cr, Cd nagyobb tömegét, míg a többi 14 elem főként a szalmában halmozódott fel. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermékre számított fajlagos elemtartalom 28-16-32-7-5 = N-P₂O₅-K₂O-

CaO-MgO kg mennyiségnek adódott. Kombájn betakarításnál, amennyiben a melléktermés a táblán marad 18-10-8-1-2 = N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO kg fajlagossal dolgozhat a szaktanácsadás. Meszes termőhelyen természetesen feleslegessé válik a Ca és Mg pótlása, kötöttebb talajon a K, N- és P-ral közepesen ellátott talajon pedig ezen elemek adagolása is, különösen extenzív termesztés körülményei között.

12.4.A szárbainduláskori hajtás elemtartalma és elemfelvétele

Amint láttuk a tenyészidő második felében, pontosabban a generatív fázisban a rozs képes volt P-igényét kielégíteni a P-ral gyengén ellátott és 22 éve nem trágyázott P-kontroll talajon is, ahol a P-ellátottság 78 mg/kg AL-P₂O₅ tartalommal jellemezhető a szántott rétegben. Az e feletti P-kínálat, amennyiben N-túlsúllyal párosult, szemtermés-csökkenést okozott. A vegetatív szalmatermésben ez a depresszió nem jelentkezett. Ezen a humuszos csernozjomon a szem + szalma aránya 1:2,5-3,0 körülire tágult, a szalma 6-12 t/ha, az összes föld feletti légszáraz biomassza 10-18 t/ha mennyiséget tett ki. E hatalmas biomassza különösebb műtrágya felhasználás és növényvédő szer alkalmazása nélkül állítható elő és hasznosítható akár energetikai célokra.

7.táblázat N-műtrágyázás és a szárbainduláskori rozs légszáraz hajtásainak elemtartalma a PK-kezelések átlagában, 1995. április 24-én

Elem jele	Mértékegység	N-trágyázás N kg/ha/év				SZD _{5%}	Átlag
		0	100	200	300		
hajtás	t/ha	1,7	4,7	4,7	4,8	0,5	4,0
K	%	2,89	4,09	4,37	4,38	0,23	3,93
N	%	1,43	2,05	2,80	2,97	0,13	2,31
Ca	%	0,23	0,48	0,68	0,83	0,04	0,56
P	%	0,38	0,33	0,34	0,35	0,02	0,35
S	%	0,15	0,20	0,24	0,25	0,01	0,21
Mg	%	0,12	0,18	0,22	0,24	0,02	0,19
Fe	mg/kg	101	167	197	195	52	165
Mn	mg/kg	63	81	82	84	5	77
Al	mg/kg	41	62	96	98	37	74
Na	mg/kg	12	40	93	113	13	65
Ba	mg/kg	28	18	15	15	2	19
Zn	mg/kg	15	16	20	19	2	18
Sr	mg/kg	11	15	18	21	2	16
Cu	mg/kg	3,5	4,9	6,2	6,6	0,3	5,3
B	mg/kg	2,4	4,0	5,8	6,2	0,7	4,6
Mo	mg/kg	0,1	0,2	0,4	0,4	0,1	0,3
Cr	mg/kg	< 0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1

Megjegyzés: As, Cd, Co, Hg, Ni, Pb, Se 0,1 mg/kg mérés határ alatt

Figyelemre méltó a szárbainduláskori növény szárazanyag gyarapodása és elemfelvétele. Annak ellenére, hogy a hajtás átlagos légszárz tömege közel megháromszorozódott a N-kínálattal, a P és Ba kivételével minden vizsgált elem tartalma nőtt a N-trágyázás nyomán. A N-kontrollhoz viszonyítva a K, Mn és Zn 30-50%-kal; a S, Fe, Sr és Cu 70-90%-kal; a N, Mg, Al és B 100-160%-kal; a Ca és Mo 260-300%-kal, míg a Na beépülése 840%-kal emelkedett a maximális 300 kg/ha N-adagú kezelésekből. Kimutathatóvá vált a Cr is a bőséges N-ellátással a hajtás szöveteiben. Az As, Cd, Co, Hg, Ni, Pb, és Se viszont a 0,1 mg · kg⁻¹ mérés határ alatt maradt (7. táblázat).

Bergmann (1992) szerint bokrosodás végén a rozs hajtása optimális tápláltsági állapotot tükrözhet, amennyiben a N 2,0-4,0%, K 2,7-4,0%, Ca 0,3-1,0%, P 0,25-0,50%, Mg 0,12-0,30%, illetve a Mn 20-100, Zn 15-60, Cu 5-10, B 4-10, Mo 0,1-0,3 mg · kg⁻¹ tartományban található a szárazanyagban. Alatta nem kielégítő, míg felette túlzott elemkínálat állhat fenn. A Duna-Tisza közti meszes homokon beállított NPK műtrágyázási tartamkísérletünkben szárbaindulás kezdetén a rozs hajtása 1,3-3,3% N; 1,8-3,2% K; 0,3-0,6% Ca; 0,09-0,14% Mg tartalmakat mutatott a trágyázás függvényében (Szemes *et al.* 1982).

8. táblázat A P és K ellátottság és a bokrosodáskori rozs légszárz hajtásának elem tartalma 1995. április 24-én.

Elem jele	Mértékegység	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SZD _{5%}	Átlag
		78	105	175	263		
K-kezelések átlagai							
N	%	2,48	2,31	2,28	2,19	0,13	2,31
Ca	%	0,53	0,56	0,57	0,57	0,04	0,56
P	%	0,25	0,31	0,38	0,45	0,02	0,35
Mg	%	0,16	0,19	0,20	0,21	0,02	0,19
Mn	mg/kg	87	79	72	71	5	77
Na	mg/kg	37	70	72	79	13	65
Ba	mg/kg	17	20	20	20	2	19
Zn	mg/kg	19	18	17	17	2	18
Sr	mg/kg	11	15	18	21	2	16
Cu	mg/kg	5,7	5,3	5,1	5,1	0,3	5,3
B	mg/kg	7,0	4,7	3,5	3,2	0,7	4,6
Elem jele	Mértékegység	AL oldható K ₂ O mg/kg				SZD _{5%}	Átlag
		128	206	301	404		
P-kezelések átlagai							
K	%	3,56	3,86	4,02	4,28	0,23	3,93
Ca	%	0,61	0,55	0,53	0,53	0,04	0,56
Mg	%	0,21	0,20	0,17	0,17	0,02	0,19
Ba	mg/kg	17	18	20	22	2	19

Diagnosztikai szempontból vizsgálva megállapítható, hogy a Bergmann (1992) által közölt irodalmi optimumokkal összevetve ezen a termőhelyen viszonylag kevés Ca, Mg, Zn, Cu és B található a hajtásban N-trágyázás nélkül. A megfelelő

N-kínálattal az említett elemek tartalma azonban az optimális tartományba kerül. Különösen igaz mindez a Ca és Mg elemekre, hiszen a meszes termőhely kínálata szinte kimeríthetetlen e tekintetben. A szárazanyag termelését, ill. a legtöbb elem felvételét az első minimumban levő N korlátozhatta, ill. érvényesült a N ismert „hajtó” hatása. A gyökerek kationcserélő kapacitása nő a N-felvétellel, különösen az anion $\text{NO}_3\text{-N}$ forma serkentheti a fémek, kationok beépülését a növénybe. Erre már fél évszázaddal ezelőtt *McLean és munkatársai (1956)* is felhívták a figyelmet.

A javuló P-kínálattal mérséklődött a N, Mn, Zn, Cu és különösen a B beépülése, ill. érvényesült a hígulási effektus a nagyobb termésmegképződésével. A P-Zn antagonizmus látszólag nem volt kifejezett, a Zn tartalma alig csökkent a P-trágyázással és még a „kielégítő” tartomány alsó harmadában maradt. Enyhén emelkedett a Ca, Mg és Ba tartalma is a hajtásban. A P, Na és a Sr készlete közel megkétszereződött a P-ral jól ellátott talajon, a P-kontrollhoz viszonyítva. A P-kontroll talajon mért P/Zn aránya 132-ről 265-re ugrott a maximális P-kínálattal jelezve az előálló P-túlsúlyt, ill. relatív Zn-hiányt. (8. táblázat).

Irodalmi és korábbi saját vizsgálataink szerint az optimális P/Zn aránya 50-150 közötti a gabonafélék fiatal hajtásában és levélben, míg a 250 feletti P/Zn arány esetén a Zn-igényes kultúrában mint a kukorica, a Zn-trágyázás már hatékony lehet (*Bergmann 1992, Kádár 1992, Csathó 2002, Csathó et al. 1989, Kádár és Turán 2002*).

A talaj K-ellátottságának emelkedése serkentette mérsékelten a K és Ba, ill. a K-Ca, valamint a K-Mg kationantagonizmus eredményeképpen némileg gátolta a Ca és Mg akkumulációját. A változások statisztikailag is igazolhatók. A hajtás K-készlete a K-kontroll talajon is a „kielégítő” tartományban van ezen a közepesen kötött vályogtalajon. A K-hatások a termésben elmaradtak, a talaj eredeti K-szolgáltatása megfelelőnek bizonyult és kielégítette a rozs igényét. A hajtás K-tartalmának emelkedése a K-trágyázással előálló luxusfelvételre vezethető vissza (8. táblázat).

Tanulságos bemutatni a meghatározó NxP kölcsönhatásokat, melyek különösen a Mg, Na, Sr és B elemek tartalmában tükröződnek. A pozitív NxP kölcsönhatások nyomán az NP kontrollon mért Mg tartalma több mint kétszeresére, a Sr háromszorosára, míg a Na közel 20-szorosára nőtt a hajtás szöveteiben az együttes NP-trágyázással. A B esetében a negatív NxP kölcsönhatások érvényesültek, mintegy 8-szoros eltéréseket indukálva az összetételben. Az is megfigyelhető, hogy mind a négy vizsgált elem tekintetében meghatározóak voltak a N-hatások (9. táblázat).

Amint a 10. táblázat adatai mutatják, látványosan nőttek a hajtásba épült, tehát a ha-ra számított felvett elemek mennyiségei a N-trágyázással. Így pl. a K, P, S, Mn és Zn mintegy 4-szeres; a N, Mg, Fe, Sr és Cu 5-6-szoros; az Al és B közel 7-8-szoros; a Ca, Mo és Cr 9-10-szeres akkumulációt jelzett. A felvett Na tömege a N-kontrollon mért 20 g/ha-ról 542 g/ha-ra, azaz 27-szeresére ugrott. A főbb makroelemek forgalma a talaj-növény rendszerben jelentőssé válhat. Zöldtakarmánnyként hasznosítva a talaj 210 kg/ha K (252 kg/ha K_2O), 143 kg/ha N, 40 kg/ha Ca, 17 kg/ha P (40 kg/ha P_2O_5), 12 kg/ha Mg és S tápelemekben szegényedhet. Alászántva a talaj elemkínálata ennyivel javulhat.

Még extrémebb eltéréseket mutat a felvétel, amennyiben az NxP kölcsönhatásokat is figyelembe vesszük. Az NP-kontroll talajon mért 2 kg/ha Mg 16 kg/ha-ra, a 10 g/ha Na ugyanitt 848 g/ha-ra, a Sr 10 g/ha-ról 146 g/ha mennyiségre ugrik az együttes és bőséges NP-kínálattal. A B felvételében az NxP negatív kölcsönhatás érvényesül, itt is nagyságrendbeli módosulásokat okozva az akkumulációban. Az adatokból látható, hogy minden esetben meghatározóak a N-trágyázás hatásai (11. táblázat).

9.táblázat NxP ellátás és a szárbainduláskori rozs légszáráz hajtásának elemtartalma a K-kezelések átlagában, 1995. április 24.

N-trágyázás N kg/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SZD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
	Mg%					
0	0,13	0,12	0,12	0,12		0,12
100	0,17	0,19	0,17	0,19	0,03	0,18
200	0,17	0,22	0,24	0,24		0,22
300	0,18	0,22	0,26	0,29		0,24
Átlag	0,16	0,18	0,20	0,21	0,02	0,19
	Na mg/kg					
0	8	16	15	10		12
100	33	48	44	34	25	40
200	56	96	108	113		93
300	51	121	124	157		113
Átlag	37	70	72	79	13	65
	Sr mg/kg					
0	8	10	12	14		11
100	11	15	16	19	3	15
200	12	17	21	23		18
300	13	19	25	27		21
Átlag	11	15	18	21	2	16
	B mg/kg					
0	2,7	2,4	2,5	2,2		2,4
100	6,6	4,3	2,6	2,6	1,3	4,0
200	9,1	6,2	4,1	3,7		5,8
300	9,5	5,9	5,0	4,5		6,2
Átlag	7,0	4,7	3,5	3,2	0,7	4,6

A földfeletti légszáráz biomassza szárbainduláskor alig 1/3-át teszi ki az aratáskori tömegnek, azonban a fiatal hajtásban 13%-kal több N, 75%-kal több K és Ca, ill. 247%-kal több Na található. A rozs elemfelvétele kora tavasszal intenzív. A K és Na később kilúgozódhat, ill. az előregedő és lehulló lombozattal a Ca és a N egy része is távozhat. Érésig viszont több elem beépülése emelkedett a táblán maradó szem és szalma termésben. A szárbainduláskori állapothoz viszonyítva átlagosan a B 20%; Cr 30%; Mn 38%; Sr, S és Cu mintegy 50%; P 76%; Zn 136%, Mo 168%, Ba 266% többletet jelzett aratáskor. A Ni, Cd és Se a hajtásban

még nem volt mérhető, míg aratás idején a szemben a Cd, ill. a szalmában a Ni és Se egyaránt kimutatható mennyiséget jelzett (12. táblázat).

10. táblázat N-műtrágyázás hatása a szárbainduláskori rozs hajtásába épült elemek mennyiségére 1995. április 24-én a PK kezelések átlagában

Elem jele	Mértékegység	N-trágyázás N kg/ha/év				SZD _{5%}	Átlag
		0	100	200	300		
K	kg/ha	49	192	205	210	12	164
N	kg/ha	24	96	132	143	8	99
Ca	kg/ha	4	23	32	40	4	25
P	kg/ha	6	16	16	17	2	14
S	kg/ha	3	9	11	12	2	9
Mg	kg/ha	2	8	10	12	2	8
Fe	g/ha	173	785	926	936	84	705
Mn	g/ha	107	381	385	403	28	319
Al	g/ha	70	291	451	470	20	320
Na	g/ha	20	188	437	542	28	297
Ba	g/ha	48	85	70	72	8	69
Zn	g/ha	26	75	94	91	8	72
Sr	g/ha	19	70	85	101	10	69
Cu	g/ha	6	23	29	32	4	22
B	g/ha	4	19	27	30	3	20
Mo	g/ha	0,2	0,9	1,9	1,9	0,4	1,2
Cr	g/ha	< 0,2	0,5	0,9	1,0	0,4	0,6

11. táblázat NxP ellátás hatása a bokrosodáskori rozs légszáraz hajtásának elemfelvételére 1995. április 24-én.

N-trágyázás N kg/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SZD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Mg kg/ha						
0	2	2	2	2		2
100	5	8	10	11	2	9
200	5	10	13	14		11
300	6	11	15	16		12
Átlag	4	8	10	11	1	8
Na g/ha						
0	10	26	27	20		21
100	102	206	260	190	48	190
200	162	442	605	644		463
300	163	581	719	848		578
Átlag	109	314	403	425	24	313
Sr g/ha						
0	10	16	22	28		19
100	34	64	94	106	12	74
200	35	78	118	131		90
300	42	91	145	146		106
Átlag	30	62	95	103	6	72
B g/ha						
0	4	4	4	4		4
100	20	18	15	15	4	17
200	26	29	23	21		25
300	30	28	29	24		28
Átlag	20	20	18	16	2	18

Összefoglalás

1. Korai fejlődési stádiumban az NxP kölcsönhatások domináltak, a hajtás tömege 4-szeresére nőtt a trágyáztatlan kontrollhoz viszonyítva. Depresszió nem jelentkezett. Érés idején a 100 kg/ha/év N-trágyázás, ill. 105 mg/kg AL-(ammóniumlaktát)-oldható P₂O₅ ellátottság biztosította a maximális 4,6 t/ha szemtermés elérését. Az együttes NP-túlsúly nyomán a szemtermés 2,6 t/ha-ra, a 22 éve NP-trágyázásban nem részesült kontroll szintjére süllyedt az aszályos július eredőjeként.
2. A N-trágyázással nemcsak a szárbainduláskori hajtás tömege nőtt meg többszörösére, hanem a P és a Ba kivételével minden vizsgált makro- és mikroelem tartalma is emelkedett. Az As, Cd, Co, Hg, Ni, Pb és Se viszont a 0,1 mg/kg méréshatár alatt maradt. A N-kontroll talajon diagnosztikai szempontból hiányzónát mutatott a N, Ca, Mg, Zn, Cu és B a hajtásban, mely elemek tartalma a megfelelő N-kínálattal az irodalmi optimumba került.
3. A talaj javuló P-kínálata növelte a P, valamint mérsékelte a N, Mn, Zn, Cu és különösen gátolta a B beépülését. A P/Zn aránya a P-kontroll talajon mért 132-ről 265-re tágult P-trágyázással jelezve a P-túlsúlyt, ill. relatív Zn-hiányt.

4. A meghatározó NxP kölcsönhatások nyomán nagyságrendbeli változások álltak elő a szárbainduláskori elemakkumulációkban a trágyázási kezelések között. Az NP-kontrollhoz viszonyítva pl. a Mg felvétele 8-szorosára, a Sr felvétele kerekén 15-szörösére, míg a Na felvett mennyisége 85-szörösére ugrott a bőséges NP-kínálattal.
5. A szárbainduláskori földfeletti biomassa alig 1/3-át tette ki az aratáskorinak, azonban N készlete 13, K és Ca készlete 75, míg Na készlete 247%-kal haladta meg a szem + szalma készletét. Ezzel szemben a B, Cr és Mn 20-40; a Sr, Cu és S mintegy 50; Zn 136; Mo 168, Ba 266%-os többletet mutatott aratáskor. Aratás idején már kimutatható volt a magban a Cd, ill. a szalmában a Ni és a Se is.

12. táblázat A kielégítő NPK ellátottságú talajon nyert termékek elemfelvétele, 1995

Elem-jele	Mértékegység	Szem 4,4 t/ha	Szalma+pelyva 11,5 t/ha	Összesen 15,9 t/ha	Hajtás 4,8 t/ha
N	kg/ha	81	45	126	143
K	kg/ha	28	92	120	210
P	kg/ha	19	11	30	17
Ca	kg/ha	2	21	23	40
S	kg/ha	7	11	18	12
Mg	kg/ha	6	6	12	12
Fe	g/ha	317	575	892	936
Mn	g/ha	211	345	556	403
Al	g/ha	180	276	456	470
Ba	g/ha	14	242	256	72
Zn	g/ha	123	92	215	91
Na	g/ha	57	99	156	542
Sr	g/ha	10	138	148	101
Cu	g/ha	25	25	50	32
B	g/ha	5	31	36	30
Se	g/ha	5	11	15	-
Ni	g/ha	2,7	2,6	5,3	-
Mo	g/ha	1,7	3,4	5,1	1,9
Cr	g/ha	1,3	-	1,3	1,0
Cd	g/ha	0,4	-	0,4	-

13. Műtrágyázás hatása a kölesre (*Panicum miliaceum L.*) 1996

13.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A köles az egyik legrégebbi kultúrnövényünk. Már 6000 évvel ezelőtt termesztették Kínában és később az ókori kultúrákban. Magyarországon is elterjedt fontos kásanövény volt. Jó takarmánya a baromfinak, közkedvelt madáreleddel, darálva valamennyi háziállattal etethető. Szalmája értékes takarmány, a közepes széna minőségét éri el. Az elmúlt évtizedben 5–10 ezer ha-on termesztették hazánkban, főként madáreleddel. Alternatív növényként újra felkarolható, hiszen a búza és a rozs lisztjéhez keverve kenyérkiegészítő. A kenyérbe megfőzött pépként kerül dagasztáskor, így jóízű és sokáig frissen tartható fehér kenyér süthető (Láng, 1976; Radics, 2002, 2003).

Melegigényes, termesztésének északi határa nagyjából a kukoricával és a szőlővel egyezős. Előnye, hogy későn, májusban és júniusban is vethető magra, így a kipusztult vetések helyébe kerülhet. Tenyészideje mindössze 3–4 hónap, másodnövényként is termesztendő déli területeinken. A meszes, közép-kötött és laza talajokat kedveli. Az apró magvak keléséhez nedves feltalaj szükséges, ezért a vetést követően ajánlott a talajtömörítés, hengerezés. Kezdeti fejlődése lassú, így gyomnövelő. Maximális víz és tápelem felvétele bugahányás–virágzás idejére tehető. Közismerten szárazságtűrő, de aszályos években alacsony marad és keveset terem (Balás, 1889; Cserhádi, 1901; Grábner, 1948; Radics 1994).

Több szerző egyetért abban, hogy a köles szárazságtűréséhez a 200–250 körüli transzspirációs koefficiens hozzájárul, mely 1/3-ával alacsonyabb a búzáénál. Jakuskin (1950) szerint aszályos időszakban a növény alvó állapotba jut (anabiozis), majd a késői esőket jól hasznosítja és a magas hőmérséklet sem gátolja asszimilációját. Az említett szerző szerint nagy terméseket feltört szűzföldön, gyeptörésben várhatunk. Délen jól teremhet a lucerna után is, mely a talajt kiszáritja. Jó előveteményei a trágyázott kapások, lóhere. Hasonlóan vélekedett Cserhádi (1901) és Balás (1889) is.

Korábban általános volt itthon az a vélemény, hogy a kölest trágyázni csak a kimondottan szegény homoktalajon indokolt. Itt a közvetlenül alája adott istállótrágya is megengedett. Grábner (1948) ugyan megállapítja, hogy a „tápdús talajokon nagy terméseket ad”, de hozzáfűzi: „Műtrágyákat nem adunk alája, mert azokat rövid tenyészideje alatt, mely a száraz nyári időszakra esik, nem képes megfelelően hasznosítani.” Antal és munkatársai (1966) ezért csak nitrogént javasolnak maximum 35–50 kg/ha mennyiségben, mert e felett megdőlhet. Később Antal (1987) közép-kötött talajon 50–70 kg N-, 20–30 kg P₂O₅-, 40–50 kg K₂O-hatóanyag felhasználását ajánlja hektáronként.

Láng (1976) hangsúlyozza a nagy termések nagy trágyaigényét. A műtrágyákkal összefüggésben megállapítja, hogy sajnos hazai műtrágyázási tapasztalatokkal alig rendelkezünk. Ez a helyzet napjainkig alig változott, hozzátehetjük. Ami a terméseket illeti, Balás (1889) és Cserhádi (1901) 1–2 t/ha mag, ill. 1,2–2,4 t/ha szalma átlaghozamokkal számol. Antal és munkatársai (1966) szerint 0,7–1,4 t/ha magtermés várható, „...ennél kiemelkedőbb termés csak elvétve fordul elő homokon”. Jakuskin (1950) a köles óriási terméspotenciálját hangsúlyozza intenzív trágyázás mellett, csapadékosabb vidékeken. A 40 t/ha

istállótrágyával, műtrágyákkal kiegészítve 6,7 t/ha termést értek el Rjazany körzetében... „Liszenko 1938-ban hektáronként 6,0 t/ha kölest termelt.” Ugyanakkor a rossz agrotechnikát alkalmazó üzemekben gyakoriak voltak a 0,5 t/ha átlagtermések.

Bár Németországban *Geisler (1988)* utal arra, hogy a köles egyes, ill. újabb nemesítésű fajtái trágyaigényesnek minősülnek és nagy termésekre képesek, *Jakuskin (1950)* alábbi közlése méltán kiválthatja ámulatunkat: „A Nagy Honvédő Háború éveiben Berszijej elvtárs (aktyubinszki terület) világrekordot ért el: 1943-ban hektáronként 20,1 t kölest aratott.” A termesztés körülményeitől függően a növény termése kétségtelenül tág határok között ingadozhat, akár nagyságrenddel eltérhet. Mivel e szántóföldi kultúrával trágyázási kísérleteket alig végeztek hazánkban, érdemes kitérni az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetben kapott eredményekre.

A köles műtrágya reakcióját Duna–Tisza közti meszes homoktalajon *Lásztity (1997, 1998)* elemezte szabadföldi tartamkísérletében. A Lovász-patonai fajta a kezeléstől függően kereken 2–4 t mag- és 3–6 t szalmatermést adott ha-onként. Az 1 t szem + a hozzátartozó melléktermés fajlagos elemtartalma 25–40 kg N, 14–25 kg P₂O₅, 25–55 kg K₂O, 21–53 kg CaO, 15–30 kg MgO, 4–10 kg S határok között változott. Meszes vályog csernozjom talajon végzett P-utóhatás kísérletünkben a köles átlagos fajlagos elemtartalma 30–8–34 = N–P₂O₅–K₂O kg-nak adódott ugyanezen fajtánál 1,5; ill. 2,1 t/ha szem-, ill. melléktermés esetén. A alacsony termésszintek kialakulásához, ill. a trágyahatások elmaradásához az erős megdőlés járult hozzá (*Csathó & Kádár, 1986, 1987*).

13.2. Anyag és módszer

A Maxi fajtájú köles vetőmagot 2 cm mélyre, gabona sortávolságra vetettük 85–100 db/fm csíraszámmal 1996. május 20-án. Állománybonitálást bokrosodás végén és aratás előtt végeztünk. Aratáskor parcellánként 8–8 fm, azaz 1–1 m² területről mintakévév vettünk a szalma/szem arányának, valamint a növényi részek összetételének vizsgálatára. Vizsgáltuk az ezermagtömeg változását is a cséplést követően. A gyomfelvételezést *Radics László* végezte június 16-án. A növényminták makro- és mikroelem-összetételét cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ roncsolást követően ICP-technikát alkalmazva mértük, míg a nitrogént a hagyományos cc. H₂SO₄+H₂O₂ feltárásból desztillálással határoztuk meg.

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Az elővetemény rozs betakarítása 1995. július 20-án történt és 1995. év végéig még 191 mm csapadék hullott. A köles vetéséig 1996-ban (január–április hónapokban) mindössze 33 mm, májusban, júniusban júliusban és augusztusban 63, 41, 15 és 25 mm esőt kapott a terület. A 3 hónapos tenyészidő alatt tehát 144 mm, ezt megelőzően 223 mm, azaz elméletileg összesen 367 mm vízkészlettel rendelkezhetett a köles, amennyiben a talaj az 1995. július–1996. április közötti csapadékot is tárolta, ill. a köles hasznosítani tudta.

13.2. Kísérleti eredmények

1. táblázat Az N×P-ellátás hatása a köles gyomosodására 1996. június 16.

N-trágyázás kg N/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Összes borítottság (köles + gyom), %						
0	66	84	86	89		81
100	48	54	75	81	10	65
200	45	53	60	70		57
300	39	54	51	68		53
Átlag	49	62	68	77	5	64
Kölesborítottság %-a						
0	64	79	78	81		75
100	48	52	70	76	10	61
200	44	51	58	64		54
300	38	52	48	64		51
Átlag	48	59	63	71	5	60
Gyomborítottság %-a						
0	1,8	5,5	8,0	8,1		5,8
100	0,6	2,5	4,8	5,4	1,8	3,3
200	1,0	2,0	2,9	6,3		3,0
300	0,5	1,7	2,5	3,2		2,0
Átlag	1,0	2,9	4,5	5,8	0,9	3,5
<i>Amaranthus blitoides</i> fedettségi %						
0	1,7	5,3	7,2	6,2		5,1
100	0,6	2,3	3,7	4,9	1,8	2,9
200	0,9	1,9	2,5	4,4		2,4
300	0,5	1,7	2,0	2,0		1,5
Átlag	0,9	2,8	3,8	4,4	0,9	3,0

Megjegyzés: Az *Amaranthus retroflexus* borítottsága átlagosan 0,5% volt. Az adatok a K- kezelések átlagai

Az összes növényborítottság bokrosodás végén (június 16-án) 39–89% között változott az N×P-ellátottság függvényében. A P-trágyázással nőtt, míg a N-trágyázással közel azonos mértékben csökkent a fedettség. Az uralkodó gyomfaj az *Amaranthus blitoides* volt, mely a P-kontroll talajon átlagosan 0,9%-ot, a foszforral jól ellátott kezelésekben 4,4%-ot képviselt, tehát megötszöröződött a borítottsága. A N-túlsúly nyomán viszont ez a borítottsági % kevesebb mint 1/3-ára zuhant a P-kezelések átlagában. Mérhető, átlagosan 0,5% fedettséget mutatott még az *Amaranthus retroflexus*. Látható tehát, hogy az *Amaranthus* fajok kiválóan hasznosítani képesek a talaj megnövelt, mobilis P-kínálatát (1. táblázat).

A bemutatott adatokból nyilvánvaló, hogy a köles gyors fejlődését a mérsékelt gyomosodás érdemben nem befolyásolhatta. Amennyiben azt vizsgáljuk, hogy a köles és az *Amaranthus* fajok közötti konkurencia-viszonyokra milyen hatással volt a talaj elemellátottsága, akkor az alábbi megállapításokat tehetjük: A P-hiányos talajon 2, a közepesen ellátotton 5, a jól ellátotton 7–8%-ot képviseltek a

gyomok az összes növényborításban. A P-trágyázás tehát javította a gyomok pozícióját a kölessel szemben. A N-trágyázás ezzel ellentétesen hatott: a N-kontroll talajon legfeljebb 7, a jól ellátottnon 5, az erősen túltrágyázottnon 4%-ot tett ki az *Amaranthus fajok* térnyerése (1. táblázat).

Igazolhatóan mintegy 12–13%-kal nőtt az összes, ill. a kölesborítottság a talaj javuló K-ellátottságával is, miközben a gyomfedettség érdemben nem változott. Ezzel összhangban vannak a bonitálások eredményei, melyeket június 15-én (bokrosodásban) és augusztus 27-én (aratáskor) végeztünk. A K-trágyázás magasabb és fejlettebb állományt eredményezett, növelte az aratáskori szalmatömeget. A generatív fázisban már nem bizonyítható hatása, a magtermés érdemi növekedést nem mutatott. A 2. táblázatban közölt adatok arra utalnak, hogy a talaj kielégítő K-ellátottsága a 200 mg/kg AL-K₂O-tartalom körüli értékre tehető ezen a talajon.

2. táblázat A K-ellátottság hatása a köles fejlődésére és termésére, 1996

Vizsgált jellemzők	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	128	206	301	404		
Növényborítottság, %-a						
Összes	57	63	66	70	5	64
Köles	54	60	62	66	5	60
Gyom	3,2	3,3	3,9	3,8	0,9	3,5
AMA BLI	2,8	2,7	3,4	3,1	0,9	3,0
1. bonitálás	2,9	3,4	3,4	3,8	0,4	3,4
2. bonitálás	3,3	3,4	3,6	3,8	0,3	3,5
Magasság, cm	88	89	92	93	3	92
Légszáraz termés aratáskor, t/ha						
Mag	4,5	4,7	4,6	4,5	0,2	4,6
Szalma + pelyva	4,6	5,2	5,3	5,3	0,3	5,1
Összesen	9,1	9,9	9,9	9,8	0,5	9,7

Bonitálás: 1 = gyengén, 5 = erősen fejlett állomány. Az 1. bonitálás 06. 15-én, a 2. bonitálás és a magasságmérés 08. 27-én történt. Az adatok az NP-kezelések átlagai

Bokrosodás idején a N-trágyázás depresszív hatású volt a köles fejlődésére. A N-túlsúly toxikus hatását a talaj növekvő P-kínálata ellensúlyozta. Később ez a helyzet megváltozott. A növényi biomassza gyors növekedésével N-hiány alakult ki a nitrogénnel nem trágyázott kezelésekben. A 100 kg N/ha/év kezelés jelentősen javította az állomány állapotát, növelte magasságát. A N-túlsúly depressziót nem okozott, a P-hatások pedig mérséklődtek. Az aratáskori bonitálások és a növénymagassági mérések alapján már következtethetünk a vegetatív szalma termésalakulására a 3. táblázat eredményeiből. Maximális szalmatermések a nitrogénnel és foszforral egyaránt túltrágyázott talajon várhatók.

3. táblázat Az N×P-ellátás hatása a köles fejlődésére, 1996

N-trágyázás kg N/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
Bonitálás 4–6 leveles korban (jún. 15-én)						
0	3,9	4,4	4,3	4,3		4,2
100	2,4	3,3	3,9	3,9	0,8	3,3
200	2,0	3,5	3,1	3,6		3,1
300	1,9	3,0	3,3	3,5		2,9
Átlag	2,5	3,5	3,6	3,8	0,4	3,4
Bonitálás aratáskor (aug. 27-én)						
0	1,4	1,5	1,6	1,5		1,5
100	3,5	3,9	4,0	4,3	1,2	3,9
200	3,4	4,6	4,1	4,8		4,2
300	4,3	4,6	4,5	4,6		4,5
Átlag	3,1	3,7	3,6	3,8	0,6	3,5
Növénymagasság aratáskor (aug. 27-én), cm						
0	80	77	76	74		77
100	92	92	94	96	10	93
200	94	95	99	102		98
300	95	98	98	100		98
Átlag	90	90	92	93	5	92

Bonitálás: 1=gyengén, 5=erősen fejlett állomány. Az adatok a K-kezelések átlagai

A 4. táblázatban megfigyelhető, hogy maximális szemtermést az átlagosan 105 mg/kg AL-P₂O₅-tartalmú talajon, ill. a 100 kg/ha/év N-kezelésekben kaptunk. Az abszolút kontroll- (23 éve semmilyen műtrágyázásban nem részesült) parcellákon 3,8 t szem + 3,3 t szalma = 7,1 t/ha, míg az optimális N₁P₁K₁-kezelésben 5,3 t szem + 6,5 t szalma = 11,8 t/ha légszáraz biomassa képződött. A szem:melléktermés aránya a kontrollon mért 1:0,9 értékről 1:1,2–1,4 értékre tágult az N₁P₁K₁-kezelésben. Az ezermag tömege átlagosan 7,7 g-ot tett ki a kezelésektől függetlenül. A szemterméstöbbletek a kalászonkénti magtömeg növekedésére vezethetők vissza alapvetően, melyet a kalászonkénti magszám emelt mintegy 20%-kal, a N-trágyázás nyomán.

Az aratás idején is zöld szalma tápelemekben – különösen káliumban és nitrogénben – gazdag. A N-trágyázással drasztikusan emelkedett a N-, K-, Mg-, Mn- és Cu-, valamint mérsékeltebben a Ca-, S-, P-, Sr- és Ba-koncentráció. A talaj növekvő P-ellátottsága szintén elősegítette néhány elem beépülését. Kiugróan (több mint 2,5-szeresére) nőtt a szalma P-készlete, valamint közel megduplázódott Sr-tartalma is. Utóbbi az alkalmazott szuperfoszfátok 2% körüli Sr-szennyezettségére vezethető vissza. A P–Zn ionantagonizmus eredményeképpen a Zn-koncentráció mérséklődött. A P-kontroll talajon mért P/Zn arány 75-ről 267-re tágult a P-túlsúlyos talajon, mely latens Zn-hiányra is utalhat. Adataink az 5. táblázatban tekinthetők át.

A K-trágyázás csak a szalma K-felvételét segítette elő, míg a kifejezett kation-antagonizmus nyomán a Ca-, Mg-, Sr- és Na-beépülést gátolta. Ez a gátlás a nikkal esetében extrém mértékben nyilvánult meg, a kontrolltalajon mért 1,1 mg/kg Ni-tartalom 0,3 mg/kg értékre zuhant. Kérdés, vajon a talajok esetleges Ni-

szennyezettsége ipari körzetekben mennyiben ellensúlyozható kálium adagolásával? Az As-, Hg-, Cd-, Co-, Cr-, Pb-, Se- és Mo-koncentráció a 0,1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt maradt. A Fe 170, az Al 100 mg/kg átlagos tartalmat mutatott kezeléstől függetlenül (5. táblázat).

4. táblázat Az N×P-ellátás hatása a légszáraz köles termésére 1996. augusztus 28-án

N-trágyázás kg N/ha/év	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	105	175	263		
	Mag, t/ha					
0	4,2	4,1	4,1	4,0		4,1
100	4,6	4,7	4,8	4,9	0,4	4,8
200	4,7	4,8	4,6	4,5		4,7
300	4,5	5,0	4,6	4,7		4,7
Átlag	4,5	4,7	4,5	4,5	0,2	4,6
	Szalma + pelyva, t/ha					
0	4,0	4,1	4,3	4,1		4,1
100	4,8	5,0	5,7	6,3	0,6	5,4
200	5,1	5,6	5,3	5,6		5,4
300	4,7	5,4	6,3	5,9		5,5
Átlag	4,6	5,0	5,4	5,5	0,3	5,1
	Összes föld feletti biomassza, t/ha					
0	8,2	8,2	8,4	8,2		8,2
100	9,4	9,7	10,6	11,2	1,0	10,2
200	9,8	10,5	9,9	10,1		10,1
300	9,3	10,4	10,8	10,6		10,3
Átlag	9,2	9,7	9,9	10,0	0,5	9,7
	Mag, g/kalász					
0	1,8	1,8	1,7	1,8		1,7
100	2,0	2,4	2,0	1,9	0,4	2,1
200	2,3	2,2	2,3	2,1		2,2
300	2,4	2,3	1,9	2,2		2,2
Átlag	2,1	2,2	2,0	2,0	0,2	2,1

Megjegyzés: Az adatok a K-kezelések átlagai. Az ezermag tömege 7,7 g volt a kezelésektől függetlenül. Az abszolút kontroll- (N₀P₀K₀) kezelésben 3,8 t szem + 3,3 t szalma = 7,1 t/ha, míg az optimális N₁P₁K₁-kezelésben 5,3 t szem + 6,5 t szalma = 11,8 t/ha légszáraz bio-massza képződött

Megemlítjük, hogy az N×P, N×K, ill. K×P kölcsönhatások eredményeképpen a szalma K-, N-, Ca- és Mg-tartalma 1,17–3,48%, 0,55–1,70%, 0,20–0,70% és 0,20–0,60%, Mn- és Sr-tartalma 42–140, ill. 15–45 mg/kg tartományban változott, tehát átlagosan 3-szoros eltérést jelzett a minimum és a maximum értékek között. A kétirányú táblázatokat hely hiányában nem közöljük részletesen. Kérdés, miként változott a szemtermés összetétele, mely genetikailag állandóbb. Ehhez járul még, hogy a szemtermésben a trágyahatások is mérséklődtek, kevésbé nyilvánultak meg.

5. táblázat Az NPK-ellátottság és a légszáraz szalma + pelyva elemtartalma, 1996

Elem jele, mértékegysége		NPK-ellátottsági szint				SzD _{5%}	Átlag
		0	1	2	3		
N-trágyázás hatására (PK-kezelések átlagai)							
K	%	1,66	2,10	2,26	2,44	0,21	2,11
N	%	0,70	0,90	1,20	1,45	0,20	1,06
Ca	%	0,42	0,46	0,51	0,53	0,11	0,48
Mg	%	0,24	0,40	0,46	0,48	0,04	0,39
S	%	0,16	0,17	0,17	0,17	0,01	0,17
P	%	0,10	0,11	0,11	0,12	0,01	0,11
Mn	mg/kg	47	88	105	114	7	88
Sr	mg/kg	22	28	30	31	3	28
Ba	mg/kg	12	16	18	17	3	16
Cu	mg/kg	2	3	4	5	1	4
P-trágyázás hatására (NK-kezelések átlagai)							
N	%	0,90	1,00	1,20	1,15	0,20	2,11
Mg	%	0,36	0,38	0,40	0,43	0,04	0,39
S	%	0,16	0,17	0,17	0,17	0,01	0,17
P	%	0,06	0,09	0,13	0,16	0,01	0,11
Mn	mg/kg	86	84	92	92	7	88
Sr	mg/kg	19	26	29	37	3	28
Zn	mg/kg	8	8	7	6	2	7
K-trágyázás hatására (NP-kezelések átlagai)							
K	%	1,56	1,94	2,31	2,65	0,21	2,11
Ca	%	0,61	0,53	0,41	0,35	0,11	0,48
Mg	%	0,47	0,44	0,35	0,31	0,04	0,39
P	%	0,12	0,12	0,11	0,10	0,01	0,11
Sr	mg/kg	30	29	27	26	3	28
Na	mg/kg	29	24	23	16	4	23
Ni	mg/kg	1,1	1,0	0,7	0,3	0,3	0,8

Megjegyzés: Az As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, Se, Mo tartalma 0,1 mg/kg méréshatár alatt, a Fe és Al 170, ill.100 mg/kg körül kezeléstől függetlenül

A szem összetételéről a 6. táblázat adatai tájékoztatnak. A N-túlsúly nyomán igazolhatóan nőtt a mag N-, S-, Mn- és Cu-akkumulációja. A P-trágyázás 10 elem koncentrációját módosította a szemtermésben. Erdemben javította a N, P, Ca és Mg makroelemek, ill. Mn, Cu, Sr mikroelemek beépülését. A kalcium a magtermésben mikroelemként jelenik meg, mennyiségét tekintve. A Fe Zn, B elemek felhalmozását viszont a P-túlsúly gátolta. A K 0,32%, Ca 252, Na 24, Al 14, Ba 7 és Ni 2 mg/kg mennyiséget tett ki átlagosan, a kezelésektől függetlenül. A 0,1 mg/kg méréshatár körül vagy alatt maradt az As, Hg, Cd, Co, Cr- Pb, Se-, Mo- és Ni-koncentráció (6. táblázat).

Ami az aratáskori terméssel felvett elemeket illeti megállapítható, hogy a szemtermésben találjuk a nitrogén, foszfor, cink, réz és nikkelt nagyobb mennyiségű. A szalma akkumulálta viszont a további 11 kimutatott elem nagyobb

6. táblázat Az NPK-ellátottság és a légszáras köles szem elemtartalma, 1996

Elem jele, mértékegysége		NPK-ellátottsági szint				SzD _{5%}	Átlag
		0	1	2	3		
N-trágyázás hatására (PK-kezelések átlagai)							
N	%	1,60	1,90	2,02	2,09	0,08	1,90
S	%	0,12	0,14	0,17	0,16	0,02	0,15
Mn	mg/kg	50	60	62	68	4	60
Cu	mg/kg	5	7	7	10	2	7
P-trágyázás hatására (NK-kezelések átlagai)							
N	%	1,70	1,82	1,90	2,19	0,08	1,90
P	%	0,31	0,34	0,38	0,40	0,04	0,36
Mg	%	0,18	0,21	0,21	0,23	0,02	0,21
Ca	mg/kg	220	244	256	290	44	252
Mn	mg/kg	52	60	64	66	4	60
Fe	mg/kg	42	33	34	34	6	36
Zn	mg/kg	21	17	15	13	2	17
Cu	mg/kg	6	6	8	8	2	7
B	mg/kg	3	3	2	2	1	3
Sr	mg/kg	2	2	3	4	1	3

Megjegyzés: Az As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, Se és Mo tartalma a 0,1 mg/kg

7. táblázat A köles betakarításkori légszáras átlagtermése és elemfelvétele, 1996

Elem jele és mértékegysége		Szár+pelyva 5,1 t	Szem 4,6 t	Összes termés 9,7 t	Fajlagos* elemtartalom
N	kg/ha	54	87	141	31
K	kg/ha	108	15	123	27
Mg	kg/ha	20	10	30	7
Ca	kg/ha	24	1	25	5
P	kg/ha	6	17	23	5
S	kg/ha	9	7	16	3
Fe	g/ha	867	166	1033	225
Al	g/ha	510	64	574	125
Mn	g/ha	449	276	725	158
Sr	g/ha	143	14	157	34
Na	g/ha	117	110	227	49
Ba	g/ha	82	32	114	25
Zn	g/ha	36	78	114	25
B	g/ha	34	14	48	10
Cu	g/ha	18	32	50	11
Ni	g/ha	4	8	12	3

* 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma. As-, Hg-, Cd-, Co-, Cr-, Pb-, Se- és Mo-felvétel a g/ha mérés határ körül vagy alatt

részét: pl. a Ca 96, a K 88, a Mg 70%-át. A 9,7 t/ha légszárás biomasszába 141 kg N, 123 kg K (148 kg K₂O), 30 kg Mg (50 kg MgO), 25 kg Ca (35 kg CaO), 23 kg P (53 kg P₂O₅) épült be. Figyelembe véve a köles 3 hónapos tenyészidejét, ilyen

mérvű szárazanyag- és elemakkumuláció óriási teljesítményt, igen intenzív élettani folyamatokat takar (7. táblázat). A mikroelemekre visszatérve az is látható, hogy a szalmában közel 2–3-szor annyi a mangán, bárium és bór, valamint 5-ször annyi a vas és 8-szor annyi az alumínium, mint a szemtermésben. Az As-, Hg-, Cd-, Co-, Cr-, Pb-, Se- és Mo-felvétel a g/ha méréshatár körül vagy alatt maradt. Az átlagos fajlagos, azaz a 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma $31-11-32-7-12 = N-P_2O_5-K_2O-CaO-MgO$ kg mennyiségnek adódott. Mivel kombájn betakarításnál a melléktermés a táblán marad, kötöttebb és meszes talajokon megelégedhetünk a a nitrogén és foszfor szemterméssel elvitt mennyiségének pótlásával, kielégítően ellátott talajon. A K-, Ca- és Mg-trágyázás feleslegessé válik.

8. táblázat A termés és elemfelvétel a kontroll- és túltrágyázott kezelésekben

Elem jele és mértékegysége	Szár+pelyva 3,3–6,5 t	Szem 3,8–5,3 t	Összes termés 7,1–11,8 t	Fajlagos* elemtartalom	
N	kg/ha	25–90	60–111	85–201	22–38
K	kg/ha	52–150	12–17	64–167	17–32
Mg	kg/ha	8–30	7–12	15–42	4–8
Ca	kg/ha	14–30	1	15–35	4–7
P	kg/ha	3–10	12–21	15–31	4–6
S	kg/ha	5–11	5–8	10–19	3–4
Fe	g/ha	560–1100	160–180	721–1285	190–242
Al	g/ha	300–650	53–74	353–724	93–137
Mn	g/ha	155–741	198–382	353–1123	93–212
Sr	g/ha	73–260	8–16	81–276	21–52
Na	g/ha	96–104	87–143	183–247	48–74
Ba	g/ha	40–110	27–37	67–147	18–28
Zn	g/ha	22–39	80–69	102–108	27–20
B	g/ha	24–42	10–11	35–53	9–10
Cu	g/ha	7–32	23–42	30–74	8–14
Ni	g/ha	4–2	8–5	12–7	3–1

* 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma

Amint láttuk, a köles rendkívül elasztikus növény, ami az elemösszetételét illeti. Ebből adódóan széles határok között változhat elemfelvétele nemcsak a termésszintek, hanem a talaj tápelem kínálata függvényében is. Erről tanúskodnak a 8. táblázatban bemutatott adatok. Kérdés, mely fajlagos mutatókkal dolgozzon a szaktanácsadás a növény elemigényének figyelembevételkor? Az abszolút kontrolltalajon termett növény kisebb elemkoncentrációit és a túltrágyázott növény luxusfelvételét összevetve a N 20–40, a K_2O 20–38, a P_2O_5 9–14, a MgO 7–13, a CaO 5–10 kg határok között ingadozott. A gazdaságilag kedvező termésszinteket tekintve és a luxusfelvételt elkerülve az ajánlott átlagos fajlagos (kg/tonna) tartalmak $30-12-30-10-8 = N-P_2O_5-K_2O-MgO-CaO$ mennyiségnek adódnak. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára. A köles jól hasznosította a búzatalaj eredeti tápanyagtókjét, hiszen a 23 éve semmiféle trágyázásban nem részesült kontrollparcellákon 7,1 t/ha,

tápelemekben relatíve dús biomasszát produkált. A túltrágyázás nem okozott terméscsökkenést, a föld feletti biomassza tömege itt közel 12 t/ha-ra nőtt és ásványi elemekben tovább gazdagodott. A korábbi véleményekkel ellentétben tápelem-igényes és közvetve trágyaigényes kultúrának tekinthető. A biomasszába épült elemek mennyisége elérte a 200 kg N és K₂O, 70 kg MgO, 49 kg Ca és a 71 kg P₂O₅ maximumokat. Alkalmas mind az intenzív, mind az extenzív termesztési viszonyok közé. Különösen ott, ahol a nagytömegű friss szalmája takarmányként hasznosítható. Trágyázás nélkül azonban a talaj tápanyagtökéjét elszegényítheti, jelentősen igénybe veheti.

Összefoglalás

1. A köles borítottsága bokrosodás végén 40–80% között változott az N×P-kezelések függvényében. A N-trágyázás mérsékelte, a növekvő P-ellátás növelte a borítottságot. Az uralkodó *Amaranthus blitoides* gyomfaj borítottsága ugyanitt átlagosan 1–6% között változott az N×P-kezelések nyomán (a N csökkentette, a P növelte a fedettségét). A növényborítottságot a K-trágyázás is igazolhatóan javította.
2. Aratás idejére a PK-hatások a magtermésben már nem igazolhatók, míg a 100 kg/ha/év N-kezelések 20% körüli szem-, ill. 30% szalmaterméstöbbleteket eredményeztek. A szemterméstöbbletek a kalászonkénti magszámra vezethetők vissza, az átlagosan 7,7 g ezermagtömeget a kezelések nem módosították. Az abszolút kontrolltalajon 3,8 t szem + 3,3 t szalma = 7,1 t/ha, míg az optimális 100 kg/ha/év N-, 105 mg/kg AL-P₂O₅-, ill. 200 mg/kg AL-K₂O-ellátottságú talajon 5,3 t szem + 6,5 t szalma = 11,8 t/ha légszáraz biomassza képződött.
3. A N-trágyázás növelte a nitrogén, foszfor és a legtöbb kation beépülését a szalmába, míg a P-kínálattal közel megkétszereződött a P- és a Sr-, ill. mérséklődött a Zn-készlet. A P-kontroll talajon mért P/Zn aránya 75-ről 267-re tágult a P-túlsúlyos talajon, mely már latens Zn-hiányra utalhat. A K-trágyázás elősegítette a kálium, valamint a kation-antagonizmus eredményeképpen gátolta a többi vizsgált kation beépülését.
4. A szem összetételét tekintve a N-trágyázással jelentősen nőtt a N-, S-, Mn- és Cu-tartalom. A P-kínálattal javult a N-, P-, Mg-, Ca-, Mn-, Cu- és Sr-akkumuláció, viszont a Fe, Zn, B elemek felvétele gátlást szenvedett. A P/Zn aránya a P-kontrollon mért 148-ról 308-ra ugrott, megkétszereződött a P-túlsúly nyomán. Az As-, Hg-, Cd-, Co-, Cr-, Pb-, Se- és Mo-tartalmak a 0,1 mg/kg méréshatár alatt vagy körül maradtak a légszáraz magban és a szalmában.
5. A köles tápelemigényes kultúrának minősíthető. A N és K₂O 200 kg/ha, a P₂O₅ és a MgO felvett mennyisége 70 kg/ha maximumot ért el. A szem és különösen a szalma összetétele tág határok között változhat, a növény elasztikus. A fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma 20–40 kg N, 20–38 kg K₂O, 9–14 kg P₂O₅, 7–13 MgO, 5–10 kg CaO között ingadozott a talaj NPK-kínálata függvényében. A szaktanácsadás számára a 30–12–30–8–10 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg/t átlagos fajlagos mutató ajánlható a tervezett termés elemigényének becslésekor, elkerülve a luxusfelvétel torzító hatását.

14.A műtrágyázás hatása a babra (*Phaseolus vulgaris L.*) 1997

14.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A bab fontos fehérje- és energiaforrás, a mag 20–25% fehérjét és 50–58% szénhidrátot tartalmaz. Emellett ásványi anyagokban (N, P, Ca és S), valamint A-, B- és E-vitaminokban is gazdag. A fehérje aminosav-összetételét tekintve jelentős a lizin- és triptofán készlete, így kukorica- vagy gabonamagvakkal együtt fogyasztva a humán szükségleteket is döntően fedezheti. Ezt tükrözi a köztesként való termesztés évszázadokra visszanyúló gyakorlata a Föld különböző régióiban, különösen ott, ahol a hústermelés feltételei kedvezőtlenek. Korábban hazánkban is a bab – más néven paszuly vagy fuszuly(ka) – a legkedveltebb étkezési száraz hüvelyesnek minősült (*Balás, 1889; Cserhádi, 1901; Láng, 1976*).

A növény D-Amerikából származik, melegigényes. Nem való a hideg, savanyú és nedves talajokra. Mivel sekélyen gyökerezik és viszonylag rövid a tenyészideje, érzékeny a talaj víz- és tápanyag-szolgáltatására. A N-kötés csak a 3. lombleveles kor után indul be, miután a gyökérszövet a N-kötő baktériumokkal fertőződött, ezért starter N-trágyát igényelhet. Kívánatos a megfelelő P- és K- ellátottság biztosítása. A nagy magvak csírázása és a N-kötő mikroorganizmusok tevékenysége oxigént igényel. A gyomnövelő jellegre tekintettel a jól szellőzött talajon is előnyös a többszöri kapálás vagy kultivátorozás. Virágzás idején a forró száraz időszak, a légköri aszály jelenthet veszélyt, mely virágelrűgást okoz (*Sandsted, 1989; Radics, 1994, 2002, 2003*).

Grábner (1948) szerint „...A bab termesztése nem körülményes és talajjavító hatása az utóveteményének termésében kedvezően érvényesül.” Emellett jól raktározható és ÉNy-Európában jól eladható, ahol már nemigen terem meg, mert termesztésének északi határa a szőlővel azonos. A szerző szerint is ideális a meszes vályog, jól szellőzött, gyommentes laza talaj. A többszöri kapálás biztosíthatja a megfelelő szerkezetet, levegőzöttséget és gyommentességet. Általában 1–2 t/ha szemterméssel és közel akkora szalmaterméssel számolhatunk. A szalmát nem tekintjük jó takarmánynak, legfeljebb a juhokkal etethető.

Ami a növény elemfelvételét illeti, *Finck (1979)* szerint elemben megadva az 1 t mag és a hozzá tartozó szalma átlagosan 80–8–40–40–6–7 = N–P–K–Ca–Mg–S kg-ot épít be föld feletti aratáskori tömegébe. Megemlíti, hogy a semleges, jó szerkezetű mélyrétegű talajon az altalaj tápelem-tőkéje is hasznosulhat a gyökerek jó feltáró képessége révén. Nagy a növény Ca-igénye, mely elérheti a K-felvétel mértékét. Hasonlóképpen a S-és P-szükséglet közelálló. A szuperfoszfát összetételénél fogva még semleges vagy enyhén savanyú talajon is kielégítheti a bab Ca-, P- és S-szükségletét. A mikroelemek közül kiemelhető a jelentős Fe-, Mn-, Zn- és B-felvétel, mely minden pillangós növényre jellemző. Véleménye szerint a nagyobb termések N-szükségletét a természetes N-kötés már nem fedezi, ezért a starter trágyázáson túl is szorulhatnak N-trágyázásra, ill. ellenkező esetben csak közepes termésre számíthatunk.

A hazai irodalomban *Antal (1987)*, ill. a *MÉM NAK (Patócs et al., 1987)* irányelvek 55–25–40–38–8 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO, azaz elemre számolva 55–11–33–27–5 kg felvétellel számolnak 1 t mag és a hozzá tartozó melléktermésben. Az eltérés *Finck (1979)* adataihoz viszonyítva jelentős. Sajnos a hazai

szakirodalomban nem található olyan vizsgálat, ill. kísérletes munka, amely a bab trágyázásával foglalkozna. Nem ismert, hogyan alakulhat e növény fejlődése, termése, makro- és mikroelem-felvétele, ill. fajlagos elemtartalma a tápláltság függvényében. Az említett problémák kutatása céljából Mezőföldön, meszes vályog talajon beállított NPK-műtrágyázási kísérletünk 24. évében, 1997-ben *Debreceni nagy szemű tarka* étkezési babot termesztettünk.

14.2. Anyag és módszer

A *Debreceni tarka* babot 36 cm sortávra és 4–5 cm mélyre vetettük el 500 ezer db/ha csiraszámmal, 250 kg/ha vetőmaggal 1997. május 12-én. *Radics László* gyomfelvételezést végzett parcellánként június 10-én. Ekkor került sor az állományfejlettség bonitálására is parcellánként 1–5 skálán. A bonitálásokat megismételtük virágzás (júl. 2.), majd aratás (aug. 28.) idején. Gyomirtó kapálás két ízben történt. Kombájnolás előtt parcellánként 4–4 fm föld feletti növényi anyagot gyűjtöttünk be a szem/szalma arányának, valamint a növényi részek összetételének vizsgálatára. Mértük az ezermagtömeg változását is a cséplést követően. A növényminták elemösszetételét cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ roncsolás után ICP- technikát alkalmazva mértük, míg a nitrogént a hagyományos cc. H₂SO₄ + H₂O₂ feltárásból desztillálással határoztuk meg.

A csapadékkellátottságot a következőképpen jellemezhetjük: Az elővetemény köles betakarítása 1996. augusztus végén történt; az év végéig még 230 mm csapadék hullott. 1997-ben a bab vetéséig (január–április között) mindösszesen 29 mm, a 3,5 hónapos tenyészidő alatt (május–augusztus) 171 mm (53, 60, 50 és 8 mm) esőt kapott a terület. Azaz, elméletileg és összesen 430 mm vízkészlettel rendelkezhetett a növényállomány, amennyiben az 1996. szeptember és 1997. május közötti időszak csapadékát a talaj befogadni, tárolni, ill. ezt a bab hasznosítani tudta. Döntőnek azonban az a negatív körülmény bizonyult, hogy a virágzás idején (július 1–20.) eső nem esett, a hőmérsékleti maximumok viszont 25–30 °C fölé emelkedtek, kialakult a légköri aszály.

14.3. Kísérleti eredmények

A rendkívül száraz tél és tavasz nyomán mérsékelt gyomosodás volt megfigyelhető június 10-én. Mindössze két gyomnak minősülő növény borítottsága volt számottevő. Az *Amaranthus blitoides* trágyaigényességét jelezte, hogy az átlagos borítottsága megötszöröződött a P-ellátottság javulásával. A nitrogén viszont nem mosódott a mélyebb rétegekbe, túlsúlya nyomán a borítottság a felére csökkent. Az árvakelés köles fedettségét a P- és N-trágyázás egyaránt drasztikusan mérsékelte. A bab borítottsága viszont nőtt mind a N-, mind a P-kínálattal. Az összes növényfedettség 28%-ot ért el átlagosan, amelyből a bab 21, a köles kereken 5, míg az *Amaranthus blitoides* 2%-kal részesült (1. táblázat).

Állománybonitálásaink szerint a nitrogén a 100 kg N/ha/év adagig kifejezetten előnyösen befolyásolta a hajtás fejlődését. A P-ellátottság javulása 175 mg AL-P₂O₅/kg értékig volt kedvező. Termésdepressziót a túlzott NP-ellátás sem okozott. Mindezt a 2. táblázatban bemutatott légszáraz szártermés adatai is alátámasztják. A szártermés 2,0–3,6 t/ha között ingadozott a NP-ellátás függvényében. Az

ezermag tömege 478-ról 568 g-ra, azaz 19%-kal nőtt az együttes NP-túlsúly nyomán, ahol a hüvelyek száma hasonló mértékben csökkent. A légszárak szemtömegben érdemi különbséget a kezelések nem okoztak, az átlagtermés 1,2 t/ha mennyiséget tett ki. Megemlítjük, hogy az abszolút kontrollparcellákon 1,0 t/ha mag és 1,7 t/ha légszárak leveles szár termett. Csíráztatási vizsgálataink szerint a magvak 97%-a volt csíráképes a kezelésektől függetlenül.

1. táblázat Az N×P-ellátás hatása a növényborítottságra, 1997. június 10-én

AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
<i>Amaranthus blitoides</i> fedettségi %						
78	0,6	0,5	0,7	0,7		0,6
105	4,0	1,4	1,0	0,8	1,7	1,8
175	4,9	2,8	1,6	1,7		2,8
263	3,9	3,4	3,6	2,1		3,2
Átlag	3,3	2,0	1,7	1,3	0,8	2,1
Kölesborítottság %-a (árvakelés)						
78	7,1	8,6	6,5	4,5		6,7
105	5,2	6,2	6,8	3,6	2,4	5,4
175	3,6	6,4	4,5	2,9		4,4
263	5,3	2,8	3,1	1,1		3,1
Átlag	5,3	6,0	5,2	3,0	1,2	4,9
Baborítottság %-a						
78	18	20	18	19		19
105	18	20	19	23	4	20
175	18	19	24	23		21
263	23	20	22	23		22
Átlag	19	20	21	22	2	21
Összes fedettség, %						
78	26	29	25	24		26
105	27	28	27	27	5	28
175	26	28	32	28		28
263	32	26	29	26		29
Átlag	28	28	28	26	3	28

Megjegyzés: Az adatok a K-kezelések átlagai

A K-ellátás 206 mg/kg AL-K₂O-tartalomig tendenciájában növelte a gyomok és a bab borítottságát és fejlettebb állományt eredményezett. Hasonlóképpen emelkedett a légszárak leveles szár, szem, ill. az összes föld feletti biomasza tömege aratáskor. Az ezermag tömege viszont némileg mérséklődött a 3. táblázatban összefoglalt adatok szerint.

2. táblázat Az N×P-ellátás hatása a bab fejlődésére és aratáskori jellemzőire, 1997

AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Bonitálás 20–30 cm magasságban (jún. 10-én)						
78	2,5	3,3	3,9	3,8		3,3
105	2,4	4,5	4,3	4,0	1,1	3,8
175	3,4	4,5	4,4	4,5		4,2
263	3,8	4,3	4,5	4,4		4,2
Átlag	3,0	4,1	4,3	4,2	0,5	3,9
Bonitálás virágzásban (júl. 2-án)						
78	3,0	4,4	4,6	4,9		4,2
105	3,0	4,4	4,8	5,0	1,2	4,3
175	3,5	4,4	4,8	4,6		4,3
263	3,8	4,4	4,8	4,5		4,3
Átlag	3,3	4,4	4,7	4,8	0,6	4,3
Bonitálás aratáskor (aug. 28-án)						
78	2,5	2,8	3,1	3,5		3,0
105	2,5	3,6	4,5	3,8	1,2	3,6
175	3,1	4,1	4,0	4,3		3,9
263	3,1	4,6	4,3	4,3		4,1
Átlag	2,8	3,8	4,0	3,9	0,6	4,1
Légszáraz szártermés, t/ha						
78	2,0	2,4	2,3	2,6		2,3
105	2,0	2,5	2,6	3,0	0,4	2,5
175	2,0	3,2	3,2	3,3		3,0
263	2,3	3,1	3,6	3,4		3,1
Átlag	2,1	2,8	3,0	3,1	0,2	2,7
Ezermag tömege, g						
78	478	492	508	507		496
105	491	507	486	536	27	505
175	491	527	546	561		532
263	490	547	553	568		539
Átlag	487	518	523	543	13	518
Légszáraz szemtermés, t/ha						
78	1,1	1,2	1,2	1,2		1,2
105	1,2	1,3	1,2	1,2	0,4	1,2
175	1,2	1,3	1,3	1,2		1,3
263	1,3	1,2	1,2	1,2		1,2
a) Átlag	1,2	1,2	1,2	1,2	0,2	1,2

Bonitálás: 1 = alacsony világoszöld, 5 = nagy sötétzöld állomány. Az adatok a K-kezelések átlagai. Az N₀P₀K₀ abszolút kontrollparcellákon 1,0 t/ha szem és 1,7 t/ha leveles szár termett

3. táblázat A K-ellátottság hatása a bab fejlődésére és termésére, 1997

Vizsgált jellemzők	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	128	206	301	404		
Bonitálás (1 = fejletlen, 5 = jól fejlett állomány)						
jún. 10-én	3,7	4,1	3,9	3,9	0,5	3,9
júl. 2-án	3,9	4,3	4,3	4,4	0,6	4,3
aug. 28-án	3,4	3,6	3,6	3,9	0,6	3,6
Növényborítottság %-a jún. 10-én						
Gyom	6	7	7	8	2	7
Bab	18	20	21	22	2	20
Összesen	25	27	29	30	3	28
Légszáraz termés aratáskor, t/ha						
Leveles szár	2,6	2,8	2,8	2,8	0,2	2,7
Szem	1,1	1,2	1,2	1,2	0,2	1,2
Összesen	3,8	4,0	4,0	4,0	0,2	3,9
Ezermag tömege, g						
Átlagosan	530	528	514	500	13	518

Megjegyzés: Az adatok az NP-kezelések átlagai

4. táblázat Az NPK-szintek hatása a leveles szár elemösszetételére aratáskor

Elem	NPK-ellátottsági szint				SzD _{5%}	Átlag	
	0	1	2	3			
N-trágyázás hatására (PK-kezelések átlagai)							
N	%	1,32	1,50	1,77	1,93	0,08	1,63
Ca	%	1,28	1,22	1,21	1,20	0,07	1,23
S	%	0,15	0,12	0,12	0,12	0,01	0,13
B	mg/kg	25,5	22,9	22,5	21,0	1,4	23,0
Cu	mg/kg	5,8	6,5	7,4	7,3	0,6	6,8
Ba	mg/kg	4,5	3,7	3,6	3,9	0,8	3,9
P-trágyázás hatására (NK-kezelések átlagai)							
P	%	0,13	0,17	0,20	0,23	0,02	0,18
Sr	mg/kg	33	42	49	57	3	45
Zn	mg/kg	17	16	13	11	2	14
B	mg/kg	24	23	23	22	2	23
K-trágyázás hatására (NP-kezelések átlagai)							
N	%	1,74	1,62	1,58	1,58	0,08	1,63
K	%	0,85	1,15	1,69	2,07	0,14	1,44
Mg	%	0,50	0,48	0,43	0,38	0,03	0,45
Na	mg/kg	25	21	21	19	2	21
Cu	mg/kg	8	7	6	6	1	7

Megjegyzés: A Fe 200, az Al 140, a Mn 27 mg/kg átlagosan a légszáraz anyagban

A leveles szár elemösszetételéről a 4. táblázat nyújt áttekintést. Amint megfigyelhető, N-trágyázás hatására elsősorban a N- és Cu-koncentráció mutatott emelkedést, míg a Ca-, S- és B-tartalom igazolhatóan csökkent. A P-ellátottság javulásával jelentősen nőtt a foszfor és a stroncium beépülése, a kontrollon mért 17 mg/kg Zn-készlet viszont a P-Zn antagonizmus következtében 11 mg/kg értékre

zuhant. A P/Zn aránya a P-kontroll talajon 76, míg a P-túlsúlyos kezelésben 209 értéket adott. A K-trágyázás közel 2,5-szeresére növelte a szár K%-át a N-, Mg-, Na- és Cu-beépülést egyidejűleg gátolva. A Fe 200, az Al 140, a Mn 27 mg/kg átlagos tartalommal volt jellemezhető a kezelésektől függetlenül.

A magtermés elemösszetételét kifejezetten a N-ellátás módosította. A N-trágyázással emelkedett a mag N- és Mn-, valamint mérséklődött a P-, Ca-, Zn-, B- és Sr-készlete. A talaj P-kínálatával a szárterméshez hasonlóan nőtt a foszfor és a stroncium beépülése, valamint drasztikusan visszaesett a Zn-, ill. némileg a Cu-beépülés a mag szöveteiben. A K-trágyázás nyomán igazolható volt a K-Mg antagonizmus jelensége, a K-tartalom nőtt a Mg-tartalom egyidejű csökkenésével. A Fe 92, Al 40, Na 5 mg/kg átlagos készletet jelzett a légszáraz anyagban, kezeléstől függetlenül (5. táblázat).

5. táblázat NPK-műtrágyázás és a magtermés elemtartalma aratáskor, 1997

Elem	NPK-ellátottsági szint				SzD _{5%}	Átlag	
	0	1	2	3			
N-trágyázás hatására (PK-kezelések átlagai)							
N	%	3,78	4,02	4,13	4,27	0,13	4,05
P	%	0,51	0,48	0,45	0,47	0,02	0,48
S	%	0,24	0,24	0,23	0,23	0,01	0,23
Ca	%	0,23	0,21	0,18	0,18	0,02	0,20
Zn	mg/kg	36,0	34,1	31,4	31,4	1,9	33,2
Mn	mg/kg	14,9	16,0	16,3	16,4	1,8	15,9
B	mg/kg	12,8	12,7	12,1	12,2	0,5	12,4
Sr	mg/kg	4,1	3,4	2,9	3,0	0,3	3,3
Ba	mg/kg	0,9	0,9	0,8	0,8	0,3	0,8
P-trágyázás hatására (NK-kezelések átlagai)							
P	%	0,41	0,46	0,50	0,54	0,02	0,48
Ca	%	0,22	0,20	0,19	0,18	0,02	0,20
Zn	mg/kg	36,9	36,3	31,2	28,5	1,9	33,2
Cu	mg/kg	8,3	7,8	7,7	7,1	1,1	7,7
Sr	mg/kg	2,7	3,2	3,5	4,0	0,3	3,3
K-trágyázás hatására (NP-kezelések átlagai)							
K	%	1,17	1,21	1,27	1,31	0,05	1,24
Mg	%	0,22	0,20	0,20	0,19	0,01	0,20

Megjegyzés: A Fe 920, az Al 40, a Na 5 mg/kg átlagosan a légszáraz anyagban

A bab elemfelvételét vizsgálva a 6. táblázatban közölt adatok alapján megállapítható, hogy a leveles szár akkumulálta a makro- és mikroelemek nagyobb tömegét. A szemtermésben csupán a N-, P- és Zn-készlet haladja meg a szárét. Amennyiben kombájn betakarításánál csak a magtermés távozik a tábláról, a talaj tápelemekben való elszegényedése jelentéktelenné válik. Hasonló szemterméssel mindössze 18 kg K₂O, 13 kg P₂O₅, valamint 2–3 kg Ca, Mg és S elemvesztés léphet fel. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemtartalma kísérletünkben 78–9–45–30–12–5 = N–P–K–Ca–Mg–S kg/t

menyiségnek adódott. Azaz oxid formában megadva a hazai szaktanácsadásban elfogadottak szerint 78–24–54–50–24 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO.

6. táblázat A bab elemfelvétele és átlagos fajlagos elemtartalma, 1997

Elem jele és mértékegysége	Leveles szártermés, 2,7 t/ha	Szemtermés, 1,2 t/ha	Összesen, 3,9 t/ha	Fajlagos* elemtartalom
N	kg/ha	44,0	48,6	78
K	kg/ha	38,9	14,9	45
Ca	kg/ha	33,2	2,4	30
Mg	kg/ha	12,2	2,4	12
P	kg/ha	4,9	5,8	9
S	kg/ha	3,5	2,8	5
Fe	g/ha	540	110	542
Al	g/ha	378	48	355
Sr	g/ha	122	4	105
Mn	g/ha	73	19	77
B	g/ha	62	15	64
Na	g/ha	57	6	52
Zn	g/ha	38	40	65
Cu	g/ha	18	9	22
Ba	g/ha	11	1	10

* 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma

Ez a viszonylag nagy fajlagos mutató a légköri aszály nyomán kialakult kicsi szemtermésre, ill. a viszonylag tág 2,7:1,2 = szalma:szem arányra vezethető vissza. Amennyiben feltesszük, hogy átlagos vagy „normál” évben a szemtermés megkétszerezhető és 2,7:2,4 szár:szalma arány alakulna ki változatlan elemösszetétellel, a fajlagos elemtartalom 59–45–26–22–12 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg/t értéknek adódna.

A hazai szaktanácsadásban javasolt (MÉM NAK, 1987; Antal, 1987) fajlagos mutatókhoz hasonlítva ekkor a nitrogén viszonylag jó egyezést mutatna. A foszfor, kálium és kalcium esetében viszont átlagosan 60% körüli a túlbecslés, a túltrágyázásra való ösztönzés a tervezett termés elemigényének számításában a hazai szaktanácsadásban. A kísérleti körülmények között kapott nagyobb fajlagos Ca és Mg tükrözheti viszont a meszes termőhely emelkedettebb Ca- és Mg-kínálatát.

A fentiek alapján és a Finck (1979) által közölt adatokat is figyelembe véve a hazai szaktanácsadásnak kereken 60–20–30–30–10 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO kg átlagos fajlagos elemtartalom javasolható minden tonna tervezett szemtermés és a hozzá tartozó melléktermés elemszükségleteként. Mivel a N-igény döntően a levegőből fedezhető, a N-trágyaigény felére–harmadára mérsékelhető. Foszforral és káliummal kielégítően ellátott meszes talajokon, forgóban, a foszfor, kálium, kalcium, ill. a magnézium adagolása is feleslegessé válhat kombájn aratásnál, amikor ezen elemek vesztesége jelentéktelen.

Összefoglalás

1. A N 100 kg/ha/év adagig, a P-ellátottság 175 mg/kg ammónium-laktát (AL)-oldható P_2O_5 , ill. a K-ellátottság 200 mg/kg AL-oldható K_2O értékig előnyösnek mutatkozott a hajtás fejlődésére. Az aratáskori szalmatermés a kontrollon mért 1,7 t/ha értékről 3,2–3,6 t/ha-ra emelkedett. A kifejezett légköri aszály nyomán 1,2 t/ha körüli magtermés képződött a kezelésektől függetlenül.
2. A N-trágyázás növelte a növényi szervek N-, Mn- és Cu-, valamint mérsékelte a Ca-, S-, P-, B-, Zn- és Sr-tartalmát. A P-kínálattal emelkedett a P- és Sr-, ill. gátolt volt a Zn-beépülés. A K-ellátottság javulásával kifejezetté vált a K/Mg antagonizmus, nőtt a K %-a a Mg-tartalom egyidejű csökkenésével.
3. A leveles szár akkumulálta a makro- és mikroelemek nagyobb részét, de a N, P és Zn elemek döntő hányada a szemtermésbe épült be. Irodalmi adatokat is figyelembe véve a hazai szaktanácsadás számára 60–20–30–30–10 = N– P_2O_5 – K_2O –CaO–MgO kg javasolható minden tonna tervezett szemtermés és a hozzá tartozó melléktermés elemszükségletének számításakor. Mivel a N-igényt a bab döntően a levegőből fedezheti, a N-igény felére–harmadára mérsékelhető. A foszforral és káliummal kielégítően ellátott meszes talajokon forgóban a P-, K-, Ca- és Mg-trágyázás is feleslegessé válhat kombájn betakarításnál, amikor a melléktermés a talajon marad és ezen elemekben előálló veszteség jelentéktelen.

15. Műtrágyázás hatása az olaszperjére (*Lolium multiflorum* Lam.) 1998 és 1999

15.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A gyepalkotó hazai fűfajok egy része alkalmas szántóföldi növénytermesztésre, vetőmagjukat is szántóföldön szaporítjuk. Az olaszperje egyaránt szerepelhet az őszi vetésű tömeg- és keveréktakarmányaink között (pl. a landsbergi keverékben bíborherével és szöszösbükkönnyel), valamint önállóan is vethető. A zöld fűtermés öntözetlen viszonyok között 15 t/ha, öntözve 40 t/ha körüli tömeget adhat átlagosan hazai termőhelyeken Antal (1987) szerint. A csapadékosabb Németországban Geisler (1988) arról tudósít, hogy 45–75 t/ha zöld, ill. 9–15 t/ha légszáraz hozamokat érnek el. A tőlünk keletre fekvő szárazabb és hidegebb vidékeken PRJANISNYIKOV (1965) az olaszperje termesztését nem ajánlja.

Az olaszperje (szálkás perje vagy vadóc) ritka bokrú, zombékosodó gyepet alkotó kétéves szálfű. Erőteljes bojtos gyökere tarack nélküli, szára 50–120 cm magas, sokleveles hajtással. Ősszel vetve májusban, tavasszal (márciusban) elvetve júniusban, júliusban virágzik. Tavasszal korán kihajt, gyors fejlődésű és a kaszálás után erősen sarjadzik. Takarmányértéke kiváló, I. rendű pázsitfű 12% körüli fehérjetartalommal. Vízigényes és mérsékelt fagyérzékeny. A tápanyagdús, humuszos, enyhén savanyú talajokat kedveli (Szabó, 1977; Gruber, 1960).

Érdeemes idézni Balás (1889) véleményét, mely szerint: „Az olasz perje (*Lolium italicum* A.B.) egyike a legjobb takarmányt szolgáltató és emellett bőven termő fűeknek. Minthogy csak két évig tart ki, úgy tisztán mint vörös herével keverve a vetésforgóba is fölvehető. Szántóföldön való termesztésre azért is nagyon alkalmas, mivel a fűvek közt a talajt legkevésbé gyomosítja el.” A szerző szerint D-Európában honos, melegigényes, de a telet is elviseli. Jó erőben lévő vályogtalajt kíván. Vethető áprilistól szeptemberig 12 cm sortávolságra, 30–60 kg/ha vetőmaggal. Tavasz vetésnél 1–2, a második évben 2–3 kaszálást adhat 12–20 t/ha zöld-, ill. 4–6 t/ha szénatermessel. Magtermése 0,3–0,7 t/ha között ingadozhat.

Cserhádi (1901) önállóan nem tárgyalja az olaszperje termesztését. A fűfélék között említve megjegyzi, hogy „e fű legjobban díszlik a lóherét termő talajokon.” Továbbiakban a füves herés keverékek előnyeit hangsúlyozza, melyek hosszabb életűek, többet teremnek és a szárazságot is jobban elviselik, mint a tiszta fű vetése, mert gyökereik más-más talajrétegben fejlődnek. A herés keverékek nitrogénben is önellátók lehetnek. Cooke (1965) szerint a gyepekre sokkal nehezebb trágyázási szaktanácsot adni, mint a szántóföldre. Alapelve: „Ahol nincs hereféle, ott a N-ellátás a döntő”. Bocz (1976) az élőló pázsitfűvek nagyobb N-igényét azzal magyarázza, hogy az elhaló nagytömegű gyökérzet humifikálása sok nitrogént igényel, miközben a gyeptakaróval zárt talajon a nitrifikáció vontatott.

Finck (1982) 50–350 kg/ha N-trágyázást javasol Németországban a talajviszonyok függvényében. Szerinte a nagy N-adagokat vágásonként megosztva célszerű kijuttatni, mert száraz időben a sóterhelés hátrányos lehet. Előnyös, ha a talaj foszforral jól ellátott, káliummal azonban nem szabad túltrágyázni. Utóbbi esetben csökken a növény Mg-tartalma és nőhet a fűtetánia veszélye.

Újabban Nagy (2001) számolt be itthon üzemi tapasztalatokról a Bakonyalján. A környék rossz, szántóföldi művelésre kevésbé alkalmas talajain az olaszperje 1. kaszáláskor 24 t/ha zöldtömeget, ill. 6 t/ha szénaértéket adott. A jó gyomelnyomó képességgel rendelkező, szermaradvány-mentes takarmányt az állatok szívesen fogyasztják és olcsóbban előállítható a silókukoricánál. Előveteményként is kiváló, forgóba illeszthető, így a „régii füvesek” visszatelepítésén fáradoznak, hogy a Holstein-friz tejelő tehénállomány tömegtakarmány bázisát kiegészítsék.

Ami az olaszperje takarmányérték-mérő tulajdonságait illeti, az általános vélemény szerint a légszár széna 8–11% nyersfehérjét, 1,8–2,8% nyerszsírt, 24–29% nyersrostot és 40–42% N-mentes kivonható anyagot tartalmazhat. A közepes minőségű lucernaszénával összehasonlítva csak abban különbözik, hogy a lucernaszéna 20% körüli nyersfehérjét foglalhat magában, mint pillangós nitrogénben gazdagabb (Gruber, 1960; Szabó, 1977; Nagy, 2001). Mivel szabatos műtrágyázási kísérletek e növényvel nem folytak hazai viszonyok között, arra a kérdésre nem kapunk választ, hogy mennyiben módosítható a növény termése, szárazanyag hozama, ásványi összetétele és takarmányértéke a talaj tápanyagkínálata függvényében. Jelen munkánkban vizsgáljuk az eltérő N-, P- és K-ellátottsági szintek hatását az olaszperje fejlődésére, zöld- és légszár termésére, valamint takarmányértékére.

15.2. Anyag és módszer

Az olaszperje a kísérlet 25. (1998) és 26. (1999) évében szerepelt termesztett növényként a bab elővetemény után. A vetés 1998. március 18-án történt 12 cm sortávolságra Barmaultra fajtával, 35 kg/ha vetőmaggal. Kémiai növényvédelemre vagy gyomirtásra nem került sor, az állomány egészségesen és gyommentesen fejlődött. Állománybonítást végeztünk az 1. évben virágzás előtt, majd kaszálás előtt virágzásban is. A 2. évben éréskor aratás előtt bonitáltuk az állományt. Termésbecslés és analízis céljából 8–8 fm föld feletti növényi anyagot gyűjtöttünk be parcellánként mindkét évben virágzáskor, valamint a 2. évben éréskor.

A betakarítást követően talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20–20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk az NH_4 -acetát + EDTA-oldható (Lakanen & Erviö, 1971) makro- és mikroelemeket, valamint az ammónium-laktát-oldható (Egnér et al., 1960) P- és K-tartalmakat. A 0–60 cm-es talajréteg NO_3 -N-készletét műtrágyázás előtt tavasszal vizsgáltuk 1 N KCl-os kioldással.

A növénymintákat 50 °C-on megszáritottuk, majd finomra őröltük és cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 roncsolást követően elemeztük ICP-technikát alkalmazva. A növények N-tartalmát a hagyományos cc. H_2SO_4 + cc. H_2O_2 feltárás után határoztuk meg. A takarmányérték vizsgálatokat az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet Központi Laboratóriuma végezte.

Ami a csapadékellátottságot illeti, az alábbiakra utalunk. Az elővetemény bab lekerülése után 1997. év végéig még 120 mm csapadék hullott. 1998-ban a két félév alatt összesen 683 mm csapadék volt. Az első félévi (januártól–júniusig) 302 mm csapadék 54, 0, 28, 104, 79 és 37 mm havi eloszlásban hullott; a második félévi (júliustól decemberig) 381 mm pedig 63, 61, 114, 73, 48 és 22 mm havi eloszlásban. 1999. első félévében összesen 432 mm eső esett a kísérleti területen. A

havi csapadékösszegek 15, 44, 17, 87, 77 és 192 mm voltak. Kedvezően alakult az olaszperje vízellátása, mert az 50 éves átlaghoz (590 mm) viszonyítva 1998-ban 90 mm, 1999. I. félévében 152 mm többlettel rendelkezhetett. Amennyiben a bab aratását követő 1997. évi 120 mm-t is figyelembe vesszük és feltesszük, hogy az 1998-ban és az 1999. I. félévében kapott csapadékot is a talaj hiánytalanul befogadni és a gyökérjárta felső rétegben tárolni tudta, úgy elméletileg az olaszperje tenyészideje során összesen 1232 mm vízkészlettel rendelkezhetett.

15.3. Kísérleti eredmények

Amint az *1. táblázat* adataiból látható, a N-trágyázás nyomán a talaj 0–60 cm-es rétegének NO₃-N-készlete közel megötszöröződik. Igazolhatóan nőtt az LE-Na-koncentráció is a szántott rétegben. A P-trágyázással mintegy megháromszorozódott az oldható P-készlet mindkét módszerrel mérve. Igazolhatóan nőtt az LE-Sr-készlet is. Az LE-P₂O₅ értékeket 1,7-es faktorral szorozva AL-P₂O₅ értékekhez juthatunk ezen a talajon. Az oldható K-tartalom 2,5–3,0-szorosára emelkedett a K-trágyázással, a két módszer közel hasonló értékeket mutatott. Az LE-oldható Na-tartalom viszont mérsékelten lecsökkent a K-terhelés eredményeképpen.

1. táblázat A kezelések hatása a szántott réteg oldható elemtartalmára, 1999

Műtrágyázás, talajvizsgálat	Műtrágyázási szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N, kg/ha/év	0	100	200	300	–	150
N, kg/ha/26 év	0	2600	5200	7800	–	3900
NO ₃ -N, kg/ha*	52	126	243	255	48	169
LE-Na, mg/kg	17	22	23	23	3	21
P ₂ O ₅ , kg/ha/26 év	0	1000	2000	3000	–	1500
LE-Sr, mg/kg	20	21	29	31	4	25
LE-P ₂ O ₅ , mg/kg	46	63	102	154	15	91
AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	78	107	173	262	20	155
K ₂ O kg/ha/26 év	0	2000	4000	6000	–	3000
LE-Na, mg/kg	25	22	20	18	3	21
LE-K ₂ O, mg/kg	139	200	253	370	37	241
AL-K ₂ O, mg/kg	122	190	280	370	37	240

LE = NH₄-acetát + EDTA-oldható (*Lakanen & Erviö, 1971*); AL= oldható (*Egnér et al., 1960*);* NO₃-N kg/ha a 0–60 cm-es rétegben műtrágyázás előtt

Az LE-oldható egyéb elemek mért mennyisége nem változott az NPK-műtrágyázási szinteken és átlagosan az alábbiak adódott: Mg: 423, Mn: 399, Fe: 69, Al: 62, Ba: 17, S: 16, Pb és Ni: 4, Cu: 3,4; B: 2,4; Co: 2,3; Zn: 1,4; Cd és Se: 0,1; Cr: 0,05; Mo: 0,03 mg/kg. Az As- és Hg-koncentráció a 0,1 mg/kg mérés határ alatt maradt. Megemlíthető, hogy a növényelemzés adatai szerint a N-trágyázással nőtt a kationok, így a nátrium beépülése is a növényi szövetekbe, míg a K-trágyázás

ezzel ellentétesen hatott. A Sr-felvételt a P-trágyázás serkentette, mely az alkalmazott szuperfoszfát jelentős, 1–2%-ot elérő Sr-készletére vezethető vissza.

Érdemi K-hatásokat nem mértünk ezen a vályog, káliummal közepesen ellátott talajon. A 2. táblázatban ezért az N×P-ellátottsági szintek hatását mutatjuk be az 1. éves olaszperje fejlődésére virágzás előtt, 1998 júniusában. Amint a táblázatban megfigyelhető – bár a N-hatások a dominánsak – a P-hatások is rendre igazolhatók a fiatal állományban. Az együttes N×P-trágyázás nyomán a növényborítottság 41%-ról 91%-ra, az átlagos növénymagasság 22 cm-ről 49 cm-re emelkedett és a gyengén fejlett állomány az igen jól fejlett stádiumba került a trágyázatlan kontrollparcellák állományához viszonyítva.

2. táblázat Az N×P- szintek és az olaszperje fejlődése virágzás előtt 1998. 06.04.

AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
	Növényborítottság, %					
78	42	57	64	71		58
107	37	64	75	75	8	63
173	46	64	78	91		70
262	48	64	78	91		70
Átlag	43	62	74	82	4	65
	Növénymagasság, cm					
78	22	30	34	38		31
107	19	34	40	40	5	33
173	24	34	42	49		37
262	25	34	42	49		37
Átlag	22	33	39	44	3	35
	Állománybonítálás fejlettségre*					
78	1,8	2,6	3,0	3,4		2,7
107	1,5	3,0	3,6	3,6	0,5	2,9
173	2,0	3,0	3,8	4,5		3,3
262	2,1	3,0	3,8	4,5		3,3
Átlag	1,8	2,9	3,5	4,0	0,3	3,1

1=igen gyengén, 2=gyengén, 3=közepesen, 4=jól, 5=igen jól fejlett állomány

Virágzaskor (1998. július közepén) a zöldtömeg 17 t/ha-ról 41 t/ha-ra, a szénatermés 3,8 t/ha-ról 7,0 t/ha-ra nőtt, míg a légszáraz anyag mennyisége 23%-ról 17%-ra mérséklődött. A 3. táblázat adatai arra utalnak, hogy a maximális közeli zöld-, ill. szénaterméseket a 173 mg/kg AL-P₂O₅-ellátottságú talajon kaptuk 200 kg N/ha/év trágyázás mellett. Az ezt meghaladó N- és P-trágyázás statisztikailag igazolható terméstudbetekeket már nem eredményezett, bár termésnövekedést sem okozott. Hasonlóan kedvező csapadék-ellátottságú évben vagy öntözésnél tehát a 200 kg/ha/év N-trágyázás kívánatos lehet.

3. táblázat Az N×P-szintek és az 1. éves olaszperje hozama virágzáskor 1998. 07. 16.

AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Zöldtömeg, t/ha						
78	17	26	29	32		26
107	18	27	35	36	5	29
173	20	35	37	37		32
262	23	35	38	41		34
Átlag	20	31	35	36	3	30
Légszáraz tömeg, t/ha						
78	3,8	4,9	5,5	5,7		5,0
107	4,0	5,1	6,4	6,4	0,8	5,5
173	4,4	6,4	6,5	6,4		5,9
262	5,0	6,1	6,7	7,0		6,2
Átlag	4,3	5,6	6,3	6,4	0,4	5,6
Légszáraz anyag, %						
78	23	19	19	18		20
107	22	19	18	18	2	19
173	21	18	18	17		19
262	22	18	18	17		19
Átlag	22	19	18	17	1	19

A 2. évben a P-hatások mérséklődtek. Virágzás idején már alig igazolhatók, ill. éréskor egyáltalán nem mutathatók ki. Az olaszperje tehát idővel képes volt P-igényét kielégíteni ezen a foszforral eredetileg gyengén ellátott termőhelyen P-trágyázás nélkül is. Még azon a talajon is, ahol 26 év óta a P-trágyák használata szünetelt. Az érés kori eredményeinket ezért a PK-kezelések átlagaiban mutatjuk be a 4. táblázatban.

A foszforral ellentétben a talaj N-szolgáltatása a 2. évben erősen lecsökkent a nitrogénnel nem trágyázott talajon. 1999 tavaszán mindössze 52 kg/ha NO₃-N-t találtunk a 0–60 cm-es rétegben e parcellákon, ahol virágzás idején 2,6 t/ha széna termett. N-trágyázás nélkül tehát elveszítethetjük hasonló körülmények között a zöld-, ill. légszáraz hozam 70–80%-át. A maximális terméseket a 200 kg N/ha/év adag adta 45 t/ha körüli zöld-, ill. 12 t/ha körüli szénatömeggel virágzáskor. Érés idején viszont az olaszperje elveszítette légszáraz tömegének több mint felét a leszárado és lehulló levélzettel. Különösen a nitrogénnel bőségesen ellátott dúsabb, nagyobb állományban. A nitrogén hatására ekkor az átlagos növénymagasság a kontrollon mért 50 cm-ről 80 cm fölé emelkedett és a kalászok átlagos hossza 29 cm-ről 34 cm-re nőtt (4. táblázat).

Összefoglalóan megállapítható, hogy az olaszperje elsősorban N-igényével tűnt ki. A legnagyobb, 10 t/ha feletti szénatermékeket a 2. évben adta. A légszáraz anyag %-a nőtt a növény korával és mérséklődött főleg a N-kínálattal. Így pl. az 1. évben virágzás idején átlagosan 19, a 2. évben virágzáskor 30, éréskor 41% légszáraz anyagot mértünk. A kontrollhoz viszonyítva a maximális N-trágyázással az 1. évben átlagosan 5, a 2. évben virágzáskor 10, míg éréskor 15%-kal csökkent a növények légszáraz anyagának mennyisége, ellensúlyozva részben az előregedéssel

előálló élettani folyamatokat, amennyiben a víztartalom az élettani aktivitást tükrözheti.

4. táblázat Az N×P-, ill. N-szintek hatása a 2. éves olaszperjére virágzáskor (1999. 06. 10-én) és éréskor (07. 12-én)

AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Zöldtömeg virágzáskor, t/ha						
78	7	29	32	34		26
107	9	30	39	38	10	29
173	6	30	45	39		30
262	8	33	46	42		32
Átlag	8	30	41	38	5	29
Légszáraz tömeg virágzáskor, t/ha						
78	2,5	9,8	9,8	9,0		7,8
107	3,0	9,6	10,0	9,1	2,9	7,9
173	2,2	9,6	12,4	9,4		8,4
262	2,6	11,1	11,8	10,6		9,0
Átlag	2,6	10,0	11,0	9,6	1,5	8,3
Légszáraz anyag virágzáskor, %						
78	36	34	30	26		32
107	34	32	26	24	5	29
173	34	32	28	24		29
262	34	34	25	25		29
Átlag	35	33	28	25	3	30
Éréskor mért jellemzők a PK-kezelés átlagában						
Jellemzők						
Zöldtömeg, t/ha	3	11	12	14	2	10
Légszáraz tömeg, t/ha	1.5	4.8	4.5	4.6	0.6	3.8
Légszáraz anyag,%	50	42	38	35	4	41
Növénymagasság, cm	50	69	77	87	3	71
Kalászméret, cm	29	32	33	34	1	32

Ha azt vizsgáljuk, hogy a 100 kg/ha/év N-adag a kontrollhoz képest mekkora terméstartalmat adott, megállapítható, hogy az első évben 1,3 t/ha, a 2. évben 7,4 t/ha szénatöbblet adódott. A második 100 kg/ha/év N-adag ugyanitt 0,7 és 1,0 t/ha, a harmadik 100 kg/ha/év N-adagja 0,1 és -1,4 t/ha változást eredményezett. Leghatékonyabbnak tehát a 100 kg/ha/év N-trágyázás bizonyult. Itt minden kg felhasznált nitrogénre az 1. évben 110 kg zöld-, ill. 13 kg széna-, míg a 2. évben virágzáskor 220 kg zöld-, ill. 74 kg széna-többlettermés jutott.

Az 5. táblázatban áttekintést adunk a takarmányvizsgálatok eredményeiről a N-trágyázás függvényében. A takarmány minőségét a P- és K-ellátottsági szintek általában igazolhatóan nem módosították. A vizsgálatok idején a minták átlagosan 8,1% vizet és 2,7% nyerszsírt tartalmaztak a kezelésektől függetlenül. A hamu mennyiségét a növekvő N-kínálat 0,8, a K-trágyázás 1,2%-kal növelte, tehát 7,7–9,7% tartományban ingadozott az N×K-ellátottsági szintek függvényében. A nyersfehérje mennyisége megkétszereződött a N-túlsúly nyomán, elérve a 20%-os

tartalmat. Utóbbi már az átlagos lucernaliszt összetételéhez közelít. Ugyanitt a nyersrost 3%-kal nőtt, míg a N-mentes kivonható anyag 49%-ról 36 %-ra zuhant.

Ami a hozamokat illeti látható, hogy a nyerszsír 170 kg/ha, a hamu 550 kg/ha, a nyersfehérje 1280 kg/ha, a nyersrost 1600 kg/ha, a N-mentes kivonható anyag 2300 kg/ha maximális értéket ért el az 1. évben virágzáskor. A trágyázatlan kontrollhoz képest a N-mentes kivonható anyag 9, a nyerszsír 49, a hamu 64, a nyersrost 69, míg a nyersfehérje 198%-kal nőtt (azaz közel megháromszorozódott) a 300 kg/ha/év kezelések növényében.

5. táblázat N-trágyázás hatása az olaszperje termésére és takarmányértékére az 1. évben (1998. július 16. (1. kaszálás virágzáskor))

Mért tulajdonság és mértékegysége	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Zöldtömeg, t/ha	20	31	35	36	3	30
Légszáraz anyag, %	22	18	18	18	1	19
Légszáraz tömeg, t/ha	4,3	5,6	6,3	6,4	0,4	5,6
Hamu, %	7,9	8,6	8,7	8,7	0,6	8,5
Nyersfehérje, %	10	16	18	20	3	16
Nyersrost, %	22	24	25	25	1	24
N-mentes kivonható anyag, kg/ha	49	40	37	36	4	41
Nyerszsír, kg/ha	116	151	170	173	11	151
Hamu, kg/ha	340	482	548	557	24	476
Nyersfehérje, kg/ha	430	896	1134	1280	120	896
Nyersrost, kg/ha	946	1344	1575	1600	140	1344

Megjegyzés: A víz átlagosan 8,1%, a nyerszsír 2,7 % mennyiséget mutatott. A N-mentes kivonható anyag számítása: 100 – (víz + hamu + nyersfehérje + nyersrost + nyerszsír)

Összefoglalás

1. N-trágyázás nyomán a tavasszal mért 0–60 cm-es talajréteg NO₃-N-készlete közel ötszörösére emelkedett. Kis mértékben nőtt az oldható Na-készlet is a szántott rétegben. P-trágyázással az oldható P-tartalom, K-trágyázással az oldható K-tartalom háromszorozódott meg mindkét módszerrel mérve (Egnér et al., 1960; Lakanen & Erviö, 1971). Az alkalmazott szuperfoszfátok 2% körüli Sr-tartalma igazolhatóan növelte a szántott réteg oldható Sr-készletét is.
2. Az olaszperje érdemi K-hatásokat nem mutatott ezen a káliummal közepesen ellátott vályogtalajon. A korai fejlődési stádiumban virágzás előtt viszont kifejezett NP-hatások jelentkeztek: megkétszereződött a növényborítottság és a növények átlagos magassága a 300 kg/ha/év N-adag és a 173 mg/kg AL-P₂O₅-ellátottsági szinteken a kontrollhoz viszonyítva.
3. Az 1. évben virágzás idején a 200 kg/ha/év feletti N-adagolás már igazolható terméstebbleteket nem eredményezett, hasonlóképpen a 173 mg/kg AL-P₂O₅-ellátottság sem. Az együttes NP-trágyázással a kontrollhoz viszonyított

- zöldtömeg 17 t/ha-ról 40 t/ha körüli, a széna 3,8 t/ha-ról 7,0 körüli mennyiségre nőtt.
4. A 2. évben mérséklődtek vagy eltűntek a P-hatások. Az olaszperje idővel képes volt kielégíteni P-igényét P-trágyázás nélkül is ezen a foszforral gyengén ellátott talajon. Ezzel szemben a talaj N-szolgáltatása drasztikusan lecsökkent. A N-kontroll talajon 2,6 t/ha, a 200 kg/ha/év kezelésben 12 t/ha széna termett.
 5. Érés idején az olaszperje elveszítette légszár az tömegének több mint felét a leszáradó és lehulló lombbal, különösen a nitrogénnel bőségesen ellátott kezelésben. A legnagyobb terméseket a 2. évben virágzáskor kaptuk. A légszár az anyag %-a nőtt a növény korával és egyre kifejezettebben csökkent a N-trágyázással, ellensúlyozva az előregedés folyamatait.
 6. A fajlagos hatékonyság tekintetében leggazdaságosabbnak a 100 kg/ha/év N-adag bizonyult, az első évben 1,3 t/ha, a 2. évben 7,4 t/ha szénatöbblettel. Minden kg felhasznált nitrogénre az 1. évben 110 kg zöld-, ill. 13 kg széna-, míg a 2. évben 220 kg zöld-, ill. 74 kg szénatöbbllet jutott.
 7. A takarmány minőségét döntően a N-trágyázás módosította, bár a hamu mennyiségét a K-trágyázás is növelte. A nyersfehérje %-át megkétszerezte a N-túlsúly, közelítve a lucernaliszt összetételéhez. Igazolhatóan nőtt a nyersrost, ill. csökkent a N-mentes kivonható anyag mennyisége. Ami az 1. évben virágzáskor mért hozamokat illeti, a nyerszsír, hamu, nyersfehérje, nyersrost és N-mentes kivonható anyag 170, 550, 1280, 1600 és 2300 kg/ha maximális értéket ért el.

11.2. Az olaszperje elemfelvétele

Bergmann (1992) a *Lolium* fajok virágzáskori föld feletti hajtásának optimális koncentrációit az alábbiakban adja meg: 3,0–4,2% N, 0,35–0,50% P, 2,5–3,5% K, 0,6–1,2% Ca, 0,2–0,5% Mg, 6–12 mg/kg B és Cu, 20–50 mg/kg Zn, 40–100 mg/kg Mn, 0,15–0,50 mg/kg Mo a szárazanyagban. Megemlítjük, hogy a hazai szaktanácsadás számára összeállított, „Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszer” című *MÉM NAK* kiadvány (*Elek & Kádár, 1980*) csak a réti füvekre közöl átlagos növényi optimumokat, melyek az 1. virágzáskori állapotra adnak útmutatást. Az olaszperjére nincs hasonló közlés a hazai szakirodalomban, e növény tápelemigényét és -összetételét hazai szabadföldi kísérletekben átfogóan nem vizsgálták.

Flemming (1963) az olaszperje széna átlagos összetételére is közöl adatokat. A szerző szerint a N, K, Ca, P, Mg és Na 2,1%, 2,3%, 0,88%, 0,32%, 0,17% és 0,15% körül ingadozhat. Ami a mikroelemeket illeti, a Fe 100, Mn 40, Zn 20, Cu 5–10, Mo 0,5 mg/kg koncentrációt mutathat a széna szárazanyagában.

Voisin (1965) arra hívja fel a figyelmet, hogy a szakszerűtlen trágyázás drasztikusan megváltoztathatja a takarmányfüvek összetételét és veszélyeztetheti az állatok, sőt az ember egészségét. Különösen a talajra gyakorolt hosszú távú hatásokat kell komolyan venni és a takarmányvizsgálatokat rendszeressé kell tenni. A kiegyensúlyozott tápláltság ellenőrizhető talaj- és növényvizsgálatokkal, amennyiben ezt megelőzően trágyázási tartamkísérletekben az optimumokat megállapítottuk.

Finck (1982) szerint megközelítően hasonló a növényi és állati optimum a P, S, Ca és Mg elemek tekintetében. A takarmányok Na-, Cl- (kivéve a szikes legelők), és részben a Mn-, Zn- és Cu-készlete általában nem elégíti ki az állatok elemigényét. Ugyanakkor a K-, B- és Mo-koncentráció a takarmányban esetenként meghaladhatja az állatok szükségletét, ezért nem szabad növényeinket az optimum fölé trágyázni. A tejelő tehének ásványi igényét pl. 12 kg/nap tömegtakarmány szárazanyag felvételénél a 0,3–0,4% P, 0,13–0,18% Mg és Na, 0,5–0,7% Ca, 50–60 mg/kg Fe és Mn, 30–50 mg/kg Zn, 8–10 mg/kg Cu, 0,1–0,2 mg/kg körüli Mo, Co és Se összetétel fedezheti. Nemkívánatos a N-túlsúly a felhalmozódó NO₃-N, valamint a K-túlsúly az indukált Mg-hiány miatt, mely utóbbi a fűtetániához vezethet. A Mo és Se 5-10 mg/kg koncentráció felett toxikusnak minősül.

A kedvező csapadékviszonyok eredményeképpen nagy zöld- és légszáraz tömeget takarítottunk be kaszálásonként virágzaskor. Amint a 6. táblázatban látható, N-trágyázás nélkül a 2. évben a szénahozam már mintegy ¼-ére csökkent. A légszáraz anyag %-a a növény korával nőtt, ill. a N-trágyázás nyomán mérséklődött, ellensúlyozva némileg az állomány előregedését. K-hatások érdemben nem jelentkeztek, míg a P-trágyázás az 1. évben virágzás idején 20–24% terméstöbbletet adott. A 2. évben már csak a N-hatások domináltak. Az olaszperje kielégítette a P és K elemek iránti igényét ezen a foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott vályog termőhelyen P- és K-trágyázás nélkül is.

6. táblázat A N-ellátottsági szintek hatása az olaszperje termésére és légszáraz anyag %-ára virágzaskor (a: 1998. július 16-án, b: 1999. június 10-én) és éréskor (1999. július 12-én)

Vizsgálat fenofázisa	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
Zöld tömeg, t/ha						
Virágzás	20	31	35	36	3	30
Virágzás	8	30	41	38	5	29
Érés	3	11	12	14	2	10
Légszáraz anyag, %						
Virágzás	22	18	18	18	1	19
Virágzás	34	33	28	25	3	30
Érés	50	42	38	35	4	41
Légszáraz tömeg (széna), t/ha						
Virágzás	4,3	5,6	6,3	6,4	0,4	5,6
Virágzás	2,6	10,0	11,0	9,6	1,5	8,3
Érés	1,5	4,8	4,5	4,6	0,6	3,8

Megjegyzés: Az 1. évben virágzaskor a P-trágyázás 20–24% terméstöbbletet adott

7. táblázat A N-ellátottsági szintek hatása az olaszperje elemtartalmára

Vizsgálat fenofázisa	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N, %						
Virágzás (1998)	1,66	2,50	2,92	3,15	0,17	2,56
Virágzás (1999)	1,00	1,07	1,75	1,89	0,12	1,43
Érés (1999)	0,99	0,97	1,46	1,62	0,16	1,26
NO ₃ -N, %						
Virágzás (1998)	0,05	0,19	0,33	0,43	0,02	0,25
Virágzás (1999)	0,07	0,07	0,31	0,44	0,04	0,22
Érés (1999)	0,02	0,03	0,23	0,34	0,03	0,16
Ca, %						
Virágzás (1998)	0,59	0,61	0,69	0,72	0,04	0,65
Virágzás (1999)	0,34	0,33	0,48	0,51	0,05	0,42
Érés (1999)	0,36	0,36	0,41	0,46	0,05	0,40
Mg, %						
Virágzás (1998)	0,17	0,22	0,25	0,25	0,02	0,22
Virágzás (1999)	0,11	0,09	0,14	0,15	0,02	0,12
Érés (1999)	0,11	0,08	0,11	0,12	0,02	0,10
S, %						
Virágzás (1998)	0,19	0,21	0,22	0,21	0,01	0,20
Virágzás (1999)	0,21	0,12	0,14	0,14	0,03	0,15
Érés (1999)	0,20	0,12	0,15	0,15	0,02	0,16
P, %						
Virágzás (1998)	0,17	0,17	0,18	0,19	0,02	0,18
Virágzás (1999)	0,11	0,15	0,18	0,18	0,03	0,15
c) Érés (1999)	0,22	0,11	0,11	0,12	0,03	0,14
Na, mg/kg						
Virágzás (1998)	239	840	812	686	126	644
Virágzás (1999)	28	196	580	621	147	356
Érés (1999)	52	166	322	398	82	234
Mn, mg/kg						
Virágzás (1998)	89	99	109	117	5	104
Virágzás (1999)	67	86	116	119	6	97
Érés (1999)	79	106	113	123	13	105
Sr, mg/kg						
Virágzás (1998)	21	22	24	24	2	23
Virágzás (1999)	13	12	16	17	2	15
Érés (1999)	14	14	15	16	2	15
Cu, mg/kg						
Virágzás (1998)	5	7	8	9	1	8
Virágzás (1999)	2	3	5	5	1	4
Érés (1999)	3	3	4	5	1	4

A növény korával általában csökkent a nitrogén, kalcium, magnézium és kén átlagos koncentrációja, a N-trágyázással viszont nőtt. Ez alól kivételt a 2. évben a S %-a jelentett, mely igazolhatóan mérséklődött, hígult a nagyobb termést

produkáló N-kezelésekben. *Barcsák (1999)* szerint a toxikus NO₃-N szintjét eltérően ítélik meg. Egyes államokban 0,4–0,7%-ot is engedélyeznek. Hazánkban 0,25% a megengedett takarmányokban.

A 7. táblázat adatai szerint a 200 kg N/ha/év adagnál már a NO₃-N %-a a hazai határértéket túllépheti. A nitrát tartalék-tápanyagnak minősül a növényben, ezért a bőséges N-trágyázással koncentrációja nagyságrenddel nőhet. A nitráttáplálás elősegítette a Ca- és Mg-kationok beépülését is a növényi szövetekbe.

A N-túlsúly nyomán javult a foszfor beépülése mindkét évben virágzás idején. Éréskor viszont a hígulási effektus dominált. A nátrium látványosan akkumulálódott a N-dús növényben, különösen a 2. évben virágzás idején, amikor a koncentrációja a kontrollon mértnek 22-szeresére ugrott. Mérsékeltten nőtt a Mn- és Sr-tartalom mindhárom időpontban a N-kínálattal. Ki kell emelni a réz növekvő akkumulációját N-trágyázás hatására. A N-kontroll talajon fejlődött állomány ugyanis rézzel gyengén ellátottnak minősülhet, az optimális tartomány 5–10 mg/kg között alakul a takarmányokban irodalmi források szerint (*Bergmann, 1992*). A P, Na, Mn, Sr és Cu elemek változásáról a 7. táblázat eredményei tájékoztatnak.

8. táblázat A P-ellátottsági szintek hatása az olaszperje elemösszetételére

Vizsgálat fenofázisa	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	78	107	173	262		
P, %						
Virágzás (1998)	0,14	0,17	0,19	0,22	0,02	0,18
Virágzás (1999)	0,11	0,15	0,18	0,18	0,03	0,15
Érés (1999)	0,11	0,13	0,17	0,16	0,03	0,14
Na, mg/kg						
Virágzás (1998)	508	723	616	730	126	644
Virágzás (1999)	273	368	379	404	147	356
Érés (1999)	227	241	239	230	82	234
Mn, mg/kg						
Virágzás (1998)	98	102	102	111	5	104
Virágzás (1999)	92	97	98	102	6	97
Érés (1999)	101	106	103	110	6	105
Sr, mg/kg						
Virágzás (1998)	16	21	25	29	2	23
Virágzás (1999)	9	13	17	19	2	15
Érés (1999)	10	14	17	19	2	15
Zn, mg/kg						
Virágzás (1998)	17	16	15	14	3	15
Virágzás (1999)	10	9	9	7	3	9
Érés (1999)	12	10	10	9	2	10

Megjegyzés: Virágzás: a: 1998. 07. 16-án, b: 1999. 06. 10-én; Érés: 1999. 07. 12-én. Egyéb elemek átlagosan: Fe: 60–120, Al: 40–90, Mo és Se: 0,7–1,2, Ni: 0,5–0,6, Cr és Co: 0,1 mg/kg körül. Az As, Hg és Pb a 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt

A talaj P-kínálatával átlagosan mintegy 50%-kal nőtt a P-tartalom, mérsékelten és részben igazolhatóan a nátrium koncentrációja is. Kismértékben hasonlóképpen javult a mangán beépülése a növényekbe. A Sr-mennyiség mindhárom vizsgálat idején közel kétszeresére emelkedett a P-túlsúly nyomán, mely az alkalmazott szuperfoszfát 1–2%-ot elérő Sr-készletére vezethető vissza. A P–Zn antagonizmus eredményeképpen csökkent a növények Zn-készlete a Zn elemmel amúgy is gyengén ellátott termőhelyen (8. táblázat).

9. táblázat A K-ellátottsági szintek hatása az olaszperje elemösszetételére

Vizsgálat fenofázisa	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	122	190	280	370		
	K, %					
Virágzás (1998)	2,40	2,87	3,40	3,68	0,18	3,09
Virágzás (1999)	1,62	1,80	2,02	2,17	0,14	1,90
Érés (1999)	1,31	1,46	1,55	1,70	0,13	1,50
	Ca, %					
Virágzás (1998)	0,72	0,67	0,63	0,58	0,04	0,65
Virágzás (1999)	0,47	0,43	0,40	0,36	0,05	0,42
Érés (1999)	0,42	0,40	0,38	0,38	0,05	0,40
	Mg, %					
Virágzás (1998)	0,25	0,23	0,21	0,20	0,02	0,22
Virágzás (1999)	0,14	0,13	0,12	0,11	0,02	0,12
Érés (1999)	0,11	0,11	0,10	0,10	0,02	0,10
	Na, mg/kg					
Virágzás (1998)	744	728	594	510	126	644
Virágzás (1999)	504	493	286	142	147	356
Érés (1999)	329	305	181	122	82	234
	Sr, mg/kg					
Virágzás (1998)	25	23	22	21	3	23
Virágzás (1999)	16	15	14	13	2	15
Érés (1999)	15	15	15	14	2	15
	Ba, mg/kg					
Virágzás (1998)	8	8	9	10	1	9
Virágzás (1999)	9	10	11	12	3	10
Érés (1999)	12	12	15	16	2	14
	B, mg/kg					
Virágzás (1998)	5,3	5,3	5,1	4,9	0,3	5,2
Virágzás (1999)	3,8	3,3	3,2	2,9	0,5	3,3
Érés (1999)	3,2	3,4	3,5	3,2	0,3	3,3

Virágzás: a: 1998. 07.16-án, b: 1999. 06. 10-én; Érés: 1999. 07. 12-én

A növényi Zn-állapot megítéléséhez figyelembe kell venni, hogy irodalmi adatok szerint a zöld növényi részek 20–50 mg/kg Zn-koncentráció esetén tekinthetők megfelelően ellátottnak, amikor a P/Zn hányadosa 70–150 között alakul. Esetünkben nemcsak az abszolút Zn-koncentráció alacsony, hanem a P/Zn aránya is eltolódott és másodlagos Zn-hiányra utalhat. Így pl. a P-kontroll-parcellákon a P/Zn aránya még a 82–110 közötti tartományban van, a 262 mg AL-

P₂O₅/kg ellátottságú talajon 157–257 közötti hányadost mutat. Megemlíthető még, hogy az egyes fenofázisokban – a kezelésektől függetlenül – a Fe átlagosan 60–120, Al 40–90, Mo és Se 0,5–1,0, Ni 0,5–0,6, Cr és Co 0,1 mg/kg koncentrációt mutatott. Az As, Hg, Pb 0.1 mg/kg kimutathatósági határ alatt maradt (8. táblázat).

Bár a talaj K-kínálata a termés tömegét nem befolyásolta, a növényi összetételt számottevően módosította. Igazolhatóan és érdemben növelte a K %-át, valamint mérsékelten a Ba-koncentrációt. A többi vizsgált elem esetében kation-antagonizmus nyilvánult meg és mérséklődött a Ca-, Mg-, Na- és Sr-tartalom a növényi szövetekben. Bár a bór nem kationként viselkedik, a K–B antagonizmus szintén ismert jelenség, melynek eredményeképpen a B-mennyiség mérséklődött a virágzáskori hajtásban mindkét évben. Éréskor változás már nem figyelhető meg a B-tartalomban (9. táblázat).

A 10. táblázatban összefoglaltuk az 1. és a 2. évben virágzás idején mért minimum és maximum koncentrációkat és javaslatot dolgoztunk ki az olaszperje tápláltsági állapotának megítélésére a föld feletti hajtás elemösszetétele, valamint irodalmi adatok alapján. A Bergmann (1992) által közölt optimumok iránymutató jelleggel elfogadhatók az 1. kaszálás tápláltsági állapotának becslésére. Nincs közlés viszont a 2. évi, 2. kaszálás összetételére, mely lényegesen alacsonyabb elemkoncentrációkat mutat a 6 makroelem tekintetében. A bemutatott határértékek útmutatást adhatnak a gyakorlati termesztés, ill. a trágyázási szaktanácsadás során.

10. táblázat Az olaszperje kielégítő tápelem-ellátottságának megítélése virágzáskor növényanalízissel

Elem jele és mértékegysége	1. évben mért min.–max.	Javasolt optimum*	2. évben mért min.–max.	Javasolt 2. évi optimum*
K %	2,40 – 4,20	2,50 – 3,50	1,60 – 2,50	1,50 – 2,50
N %	1,70 – 3,50	2,50 – 3,50	1,00 – 2,00	1,50 – 2,50
Ca %	0,50 – 0,80	0,50 – 1,00	0,30 – 0,60	0,30 – 0,60
Mg %	0,17 – 0,25	0,20 – 0,30	0,08 – 0,18	0,10 – 0,20
S %	0,17 – 0,22	0,15 – 0,30	0,11 – 0,21	0,10 – 0,20
P %	0,15 – 0,25	0,15 – 0,30	0,08 – 0,24	0,10 – 0,20
Fe mg/kg	100 – 150	100 – 150	50 – 100	50 – 100
Mn mg/kg	90 – 130	50 – 100	60 – 120	50 – 100
Zn mg/kg	12 – 20	20 – 50	6 – 12	15 – 30
Cu mg/kg	5 – 9	5 – 10	2 – 6	5 – 10
B mg/kg	5 – 6	5 – 10	3 – 6	5 – 10

* Saját és irodalmi adatok alapján javasolt optimum koncentrációk

Amint a 11. táblázatban látható, az olaszperje nagymennyiségű tápelemet képes a talajból felvenni, ha a talaj kínálata megfelelő és a csapadékelátás is kielégítő. A hektáronként kivont maximális mennyiségek az alábbiak adódtak: 240–245 kg N, 294–300 kg K (360 kg K₂O), 56–72 kg Ca (78–101 kg CaO), 18–22 kg Mg (30–37 kg MgO), 18–29 kg P (41–66 kg P₂O₅), 15–25 kg S. Emellett a Na 5,6–7,2 kg/ha, a Fe 1,0–1,2 kg/ha és Mn 0,9–1,4 kg/ha felvételt eredményezett a nagy termésekkel. Érés idejére a nagytömegű leszárado és lehulló lombbal a felvett tápelemek nagyobb

része, különösen az igen fejlett, sűrű, jól táplált állományban visszakerült a talajba, ill. talajra.

11. táblázat Az olaszperje elemfelvételének minimum–maximum értékei

Elem	1. év virágzásban		2. év virágzásban		2. év éréskor		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
K	kg/ha	91	294	40	300	22	77
N	kg/ha	65	245	25	240	15	75
Ca	kg/ha	19	56	8	72	5	21
Mg	kg/ha	7	18	2	22	2	6
P	kg/ha	6	18	3	29	3	6
S	kg/ha	6	15	2	25	3	7
Na	g/ha	874	5600	75	7200	78	1831
Fe	g/ha	380	1050	125	1200	201	616
Mn	g/ha	342	910	150	1440	118	566
Al	g/ha	190	700	75	600	120	368
Sr	g/ha	61	224	20	240	23	69
Zn	g/ha	46	140	15	144	15	46
Ba	g/ha	27	77	22	180	21	64
Cu	g/ha	19	63	5	72	5	23
B	g/ha	19	42	8	72	5	15

12. táblázat Az olaszperje széna fajlagos elemigénye virágzáskor

Elem jele, mértékegység	1. kaszálás, 1998. júl. 16-án			2. kaszálás, 1999. jún. 10-én			
	Min.	Max.	Átlag	Min.	Max.	Átlag	
K	kg/t	24	42	30	16	25	20
N	kg/t	17	35	26	10	20	14
Ca	kg/t	5	8	6	3	6	4
Mg	kg/t	1,7	2,5	2,0	0,8	1,8	1,2
S	kg/t	1,7	2,2	2,0	1,1	2,1	1,5
P	kg/t	1,5	2,5	2,0	0,8	2,4	1,5
Na	g/t	230	800	400	30	600	360
Fe	g/t	100	150	100	50	100	70
Mn	g/t	90	130	100	60	120	90
Al	g/t	50	100	80	30	50	40
Sr	g/t	16	32	20	8	20	15
Zn	g/t	12	20	20	6	12	8
Ba	g/t	7	11	9	9	15	12
Cu	g/t	5	9	8	2	6	4
B	g/t	5	6	5	3	6	4

Megjegyzés: $K \times 1,20 = K_2O$; $Ca \times 1,40 = CaO$; $Mg \times 1,67 = MgO$; $P \times 2,29 = P_2O_5$
A termőhely gyengén ellátott P és Zn, közepesen ellátott N, K, Cu és B, valamint kielégítően ellátott Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Al, Sr és Ba elemekkel

Az 1 t légszáraz szénatermés fajlagos elemigénye lényegesen eltért a talaj NPK-kínálata és az évek/kaszálások függvényében. Az 1. kaszálásnál az átlagos fajlagos elemtartalom az alábbiak szerint alakult: N: 26 kg, K: 30 kg (36 kg K_2O), Ca: 6 kg (8–9 kg CaO), Mg: 2 kg (3–4 kg MgO), P: 2 kg (4–5 kg P_2O_5). A 2. évben kisebb fajlagos értékek adódtak: N (átlagosan): 14 kg, K: 20 kg, Ca: 4 kg, Mg: 1,2 kg, P: 1,5 kg minden tonna légszáraz szénatermésben. A 12. táblázat lábjegyzetében a termőhely eredeti tápelem-ellátottságát is feltüntettük, mely segítheti az adatok értelmezését a szaktanácsadásban, a műtrágyaszükséglet becslése során.

Összefoglalás

1. Érdemi K-hatásokat nem kaptunk. A P-trágyázás az 1. évben 20–24% terméstöbbleteket adott. A 2. évben már csak a N-hatások domináltak, nitrogén nélkül a termések mintegy 70–80%-kal csökkentek. Az olaszperje kielégítette P- és K-igényét trágyázás nélkül is ezen a foszforral gyengén, káliummal közepesen ellátott vályog termőhelyen hosszú tenyészideje alatt.
2. A növény korával általában mérséklődött az elemek koncentrációja a növényi szövetekben. A N-bőség ezzel szemben hatott és javította a N, Ca, Mg, S, P, Na, Mn, Sr és Cu elemek beépülését. A 200 kg N/ha/év adagnál már a NO_3 -N koncentráció a megengedett 0,25% koncentrációt túllépte. A talaj P-ellátottságának emelkedésével nőtt a P-, Na-, Mn- és Sr-, valamint a P–Zn antagonizmus nyomán mérséklődött a Zn-tartalom. A K-trágyázás antagonistája nyilvánult meg a Ca-, Mg-, Na- és Sr-kationokkal, valamint a B-felvétellel szemben. Csupán a K és Ba akkumulációját serkentette.
3. A növény tápláltsági állapotát a virágzaskor mért föld feletti hajtás elemkoncentrációi jellemezhetik. Az irodalomban közölt határértékek (BERGMANN, 1992) az 1. kaszálás idején iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára. Adataink alapján ezeket a határkoncentrációkat finomítottuk és a 2. év, ill. kaszálás viszonyaira is megállapítottuk. Utóbbiak a makroelemek tekintetében mintegy 30–40%-kal kisebbek az 1. kaszálásra megadottaknál.
4. Amennyiben a csapadékellátottság megfelelő és a talaj tápelemkínálata is kielégítő, a 10–12 t/ha szénatermés az olaszperje elemfelvétele kaszálásenként elérheti a 360 kg K_2O -, 245 kg N-, 100 kg CaO-, 37 kg MgO-, 66 kg P_2O_5 -, 25 kg S-, 7 kg Na- és az 1 kg körüli Fe-mennyiséget ha-onként.
5. Az 1 t légszáraz szénatermés fajlagos elemigénye eltérhet a talaj NPK-kínálata és az évek/kaszálások függvényében. Az 1. kaszálásnál az átlagos elemtartalom 26 kg N, 30 kg K, 6 kg Ca, 2 kg Mg és P, míg a 2. évi 2. kaszálásnál 14 kg N, 20 kg K, 4 kg Ca, 1,5 kg P és 1,2 kg Mg volt minden tonna légszáraz szénatermésben. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés elemigényének számításakor, a műtrágyázási szaktanácsadás során.

16. Műtrágyázás hatása a spenótra (*Spinacea oleracea L.*) 2000

16.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A spenót egyéves kétszikű zöldségféle, melynek levele vitaminokban és ásványi elemekben gazdag. A levél, ill. fiatal hajtás szárazanyagának 20–30%-át könnyen emészthető fehérje alkotja, ezért is kedvelt bébiétel. Alapanyagul szolgál a konzerv- és hűtőipar számára is. Fő- és oldalgyökérzete sekélyen helyezkedik el a talajban. Tenyészideje rövid, így víz- és tápanyagigényes. Hidegtűrő, a forró száraz nyáron viszont gyorsan felmagzik. Kedvezőtlen az egyes fajták nagy oxálsav-, nitrát-, valamint nehézfém/káros elem akkumulációja (*Cselőtei et al., 1993; Balázs, 1994*).

Marschner (1985) vizsgálatai szerint a friss spenótlevelel NO_3^- koncentrációja tág határok (350–3900 mg/kg) között ingadozhat a természeti körülményektől függően. Az egészségügyi, szociális és családügyi miniszter 9/2003. (III. 13.) ESzCsM rendeletében foglaltak szerint a fényszegény őszi-téli időszakban betakarított parajra 3000 mg/kg, az április 1. és október 31. között betakarítottra 2500 mg/kg, konzerv- és gyorsfagyasztott termékekre 2000 mg/kg, bébi főzelékkonzervre 400 mg/kg NO_3^- -határkoncentráció engedélyezett. Szántóföldi termesztésnél az engedélyezett 2500 mg/kg NO_3^- átszámítva 565 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációt jelenthet a friss termékben, azaz pl. 20% körüli légszáraz anyag esetén 0,25–0,28%-ra tehető. Megemlítjük, hogy a takarmányokban szintén 0,25% $\text{NO}_3\text{-N}$ engedélyezett a hazai szabályozásban.

Nemkívánatos antinutritív összetevő az oxálsav, mely az állati és emberi szervezetre fejlődésgátló hatású. Az oxálsav akadályozza a Ca-felszívódást, ill. a képződött Ca-oxalát kristályai a vesében vérzéseket okozhatnak. A minőséggel szembeni követelmények az oxálsav- és a $\text{NO}_3\text{-N}$ csökkentett tartalmára is vonatkoznak, nemcsak a sok értékes beltartalom meglétére. A trágyázás módosíthatja az oxálsavképződést, ill. a levél elemösszetételével az oxálsav tartalma is változik. Az erre való utalások már több mint egy évszázados múltra tekintenek vissza (*de Vries, 1881*). *Kopetz (1960)* vizsgálatai szerint pl. tenyész-edény-kísérletben P-hiányos talajon a spenótlevelel szárazanyaga 0,12% foszfort és 4,6% oxálsavat, míg a foszforral feltöltött/túltrágyázott talajon 1,02% foszfort és csupán 1,0% oxálsavat tartalmazott.

Több szerző (*Grütz, 1956; Ehrendorfer, 1961; Gericke, 1965*) adatai szerint is elsősorban a P-trágyázás csökkentheti a spenót oxálsavkészletét. Az egyéb tápelemek főként a P-felvétel befolyásolásán keresztül közvetetten hatnak az oxálsav képződésére. Így pl. az NH_4^+ kínálatával mérséklődik a kationok, ill. javul a foszfátanion beépülése, ezzel csökkenhet az oxálsav mennyisége a levélben. A $\text{NO}_3\text{-N}$ forma ezzel ellentétes hatású, több kation és kevesebb foszfor épül be és így nőhet az oxálsav mennyisége. *Ehrendorfer (1966)* összefüggést keresett a spenótlevelel elemtartalma és az oxálsav mennyisége között trágyázási/tenyész-edény-kísérleteiben. A K-, Ca- és Mg-tartalommal nőtt, a P- koncentrációval csökkent a levél oxálsavkészlete. A nitrogén és a nátrium érdemi összefüggést nem mutatott.

A leveles zöldségek, így a spenót is kiemelkedik nagy N- és K-igényével. *Terbe (1994)* szerint 10 t zöld levéltermés képződéséhez 35 kg N, 18 kg P_2O_5 és 52 kg K_2O szükséges. *Filius (1994)* ugyanakkor az átlagos fajlagos igényre 80 kg N-, 16 kg

P₂O₅- és 78 kg K₂O-mennyiséget említ. Saját kísérletünkben karbonátos csernozjom vályogtalajon a 10 t friss levétermésben 32 kg N, 9 kg P₂O₅, 56 kg K₂O, 28 kg Ca, 7 kg Mg és 5 kg S elemfelvételt mértünk (Kádár *et al.*, 2001). Megemlítjük, hogy az erősen szennyezett talajon fejlődött növények leveleiben ugyanitt a Cd-, Cr-, Hg-, Mo-, Se-, Sr- és Zn-koncentráció 144, 16, 10, 670, 765, 518 és 289 mg/kg értéket ért el a légszáras anyagban.

Jelen kutatásainkban arra keressük a választ, hogyan alakul a spenót fejlődése, korai gyomboritottsága, föld feletti termése, oxálsav tartalma, ásványi összetétele és elemfelvétele a talaj eltérő N-, P- és K-ellátottsági szintje függvényében. Hasonló szabadföldi tartamkísérletben ilyen átfogó vizsgálatok nem folytak hazánkban.

16.2. Anyag és módszer

A Matador fajtájú spenót vetése 2000. április 10-én történt 12 cm sortávolságra. Bonitálást végeztünk kelésre, majd két ízben állományfejlettségre a tenyészidő folyamán. Május elején gyomfelvételezésre is sor került. Július elején a teljes föld feletti törzsrészt/hajtást takarítottuk be. A betakarítást követően talajmintákat vettünk a szántott rétegből parcellánként 20–20 pontminta/lefűrés egyesítésével. A mintákban meghatároztuk az NH₄-acetát+EDTA-oldható elemkészletet Lakanen és Erviö (1971), valamint az ammónium-laktát-oldható P- és K-készletet Egnér és munkatársai (1960) módszerével.

A levelek oxálsavtartalmának vizsgálatára parcellánként 20–20 db friss levelet gyűjtöttünk be véletlenszerűen. A mintákat a Központi Élelmiszeripari Kutatóintézet Lipidlaboratóriumában apróra vágtuk és dörzsmozsárban homogenizáltuk kvarchomokkal péppé keverve. A 4 g növényi anyaghoz 30 ml metanolt adtunk, a pH 2,76 értékre való beállítása cc. H₃PO₄ hozzáadásával történt. A 10 perces rázatás, valamint szűrés után az oxálsavat HPLC-technikával határoztuk meg (Biacs & Daood, 1994).

Parcellánként külön mértük a föld feletti törzsa friss és légszáras tömegét 40–50 °C-on való szárítást követően. A mintákat finomra daráltuk és cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ roncsolás után 20–24 elemre analizáltuk ICP-technikát alkalmazva.

Megemlítjük, hogy 2000-ben a vetésig – január, február és március hónapok alatt – mindössze 82 mm eső hullott. Áprilisban 53, májusban 20, júniusban 10 mm, azaz a spenót három hónapos tenyészideje alatt mindösszesen 83 mm. A hőmérséklet ugyanakkor már április közepétől 25 °C fölé emelkedett, májusban a maximum elérte a 30 °C-ot, júniusban a 35–37 °C-ot. A spenót törzsrésze kicsi maradt, gyorsan előregedett és július elejével megindult a felmagzás.

16.3. Kísérleti eredmények

A spenót kelését és kezdeti fejlődését elsősorban a talaj növekvő K-ellátottsága befolyásolta kedvezően. A P-hatás keléskor még kifejezett, de június 20-án már nem igazolható. Igaz, hogy az extrém nagy P-ellátottsági szintek sem eredményeztek depressziót. Az 1. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a 150 mg/kg AL-P₂O₅-, ill. a 250–280 mg/kg AL-K₂O-ellátottsági szintek tekinthetők optimálisnak a spenót számára. A növény kifejezetten K-igényesnek minősül. A N-trágyázás a korai fejlődési stádiumban nem befolyásolta a fejlődést, a spenót

kielégítette mérsékelt N-igényét trágyázás nélkül is ezen a 3% humuszt tartalmazó talajon. Az oxálsav mennyisége a kontrollon mért 3,3%-ról 1,3%-ra süllyedt az együttes PK-trágyázás eredményeképpen a légszáraz levélre számítva. A levelek átlagosan 20% légszáraz anyagot tartalmaztak.

1. táblázat A P×K-ellátottság és a spenót fejlődése és oxálsavtartalma, 2000

AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	135	193	279	390		
Bonitálás kelésre 04. 28-án (1=20%, 5=100%)						
66	1,9	3,5	4,3	3,5		3,3
153	3,4	4,0	4,1	4,6	1,0	4,0
333	2,8	3,9	4,6	5,0		4,1
542	2,6	3,6	4,0	4,9		3,8
Átlag	2,7	3,8	4,3	4,5	0,5	3,8
Bonitálás 06. 20-án (1=ritka, fejletlen, 5=sűrű, fejlett állomány)						
66	2,1	3,1	3,0	3,3		2,9
153	3,0	3,3	3,3	3,4	1,2	3,2
333	2,6	2,9	3,0	3,5		3,0
542	2,9	3,1	3,4	4,1		3,4
Átlag	2,7	3,1	3,6	3,6	0,6	3,1
Bonitálás 07. 10-én (1=ritka, fejletlen, 5=sűrű, fejlett állomány)						
66	1,9	3,5	4,0	3,5		3,2
153	1,3	3,6	4,5	4,5	1,0	3,5
333	1,6	3,5	4,0	4,8		3,5
542	1,5	2,9	3,8	4,5		3,2
Átlag	1,6	3,4	4,1	4,3	0,5	3,3
Oxálsav a légszáraz anyagban 07. 10-én, %						
66	3,3	2,7	2,9	2,3		2,8
153	2,9	1,9	1,6	1,8	1,0	2,0
333	2,5	1,8	1,7	1,5		1,9
542	2,4	1,9	1,6	1,3		1,8
Átlag	2,8	2,1	2,0	1,7	0,5	2,1

A vetés után 1 hónappal végzett gyomfelvételezés eredményei szerint a spenót 1–10% közötti talajfedettséget mutatott a P×K-ellátottsági szintek függvényében. A korábban taglalt bonitálási adatokhoz hasonlóan kiugróak a K-hatások, különösen a foszforral is jól ellátott kezelésekben. Az uralkodó gyomfaj az *Amaranthus blitoides* (AMA BL) volt, melynek borítottsága 10–12-szeresére ugrott a P-túlsúly nyomán. Az AMA BL kiválóan hasznosította a foszforral túltrágyázott szituációt, az extrém P-kínálatot. A kálium túlsúlya ugyanakkor inkább a spenótnak kedvezett (2. táblázat).

Megemlítjük, hogy az AMA BL borítottságát a N-trágyázás a kontrollhoz viszonyítva átlagosan 5%-ról 10%-ra növelte. Mindez utal e gyomfaj jelentős N-igényére is. Ugyanakkor a spenót átlagos borítottsága 5%-ról 3%-ra mérséklődött a N-túlsúly nyomán. Amint a 2. táblázatban látható, az összes növényfedettség május 11-én 4–24% között változott a P×K-ellátottsági szintek függvényében. Megállapítható, hogy a nitrogén, főként azonban a foszfor túlsúlya elsősorban a

gyomosodást segítette, a kultúrnövény gyommal szembeni konkurencia viszonyára kedvezőtlenül hatott.

2. táblázat A P×K-ellátottsági szintek hatása a növényborítottságra, 2000. 05. 11.

AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	135	193	279	390		
Spenót fedettségi %						
66	1,2	3,4	3,4	4,4		3,1
153	0,9	3,9	7,0	8,1	2,2	5,0
333	1,4	3,4	5,6	7,0		4,4
542	1,2	3,2	4,4	10,1		4,7
Átlag	1,2	3,5	5,1	7,4	1,1	4,3
<i>Amaranthus blitoides</i> (AMA BL) fedettségi %						
66	1,3	1,1	1,4	1,4		1,3
153	8,3	7,3	4,0	4,9	3,6	6,2
333	16,9	11,5	12,9	11,6		13,3
542	15,2	17,3	18,9	10,4		15,4
Átlag	10,4	9,3	9,3	7,1	1,8	9,0
Összes fedettségi %						
66	3,8	5,9	6,3	7,3		5,8
153	9,7	11,6	12,2	14,3	4,2	12,0
333	19,4	16,6	19,5	19,9		18,8
542	17,4	21,9	24,4	21,7		21,4
Átlag	12,6	14,0	15,9	15,8	2,1	14,5

Megjegyzés: A N-túlsúly a spenótboritottságot 5%-ról 3%-ra mérsékelte, míg az AMA BL boritottságot 5%-ról 10%-ra, az összes fedettséget 12%-ról 15%-ra növelte

Betakarítás idején a friss hajtás, a törőzsa tömege 7–15 t/ha között változott az N×K-ellátottság nyomán. A maximális terméseket a 100 kg/ha/év N-trá-gyázás adta a 193 mg/kg AL-K₂O-ellátottságú talajon. Döntőnek a K-trágyázás bizonyult. A káliummal és nitrogénnel kielégítően ellátott parcellákon a hajtás több vizet tartalmazott és jobban ellenállt a szárazságnak. A légszáraz anyag hozama 1,7–3,6 t/ha között ingadozott az NK-kezelések függvényében. A talaj eltérő P-ellátottsága a termés tömegét nem befolyásolta (3. táblázat).

A N-trágyázás nyomán nőtt a N- és különösen a NO₃-N-mennyiség. Míg a N-kontroll talajon alig 2%-át teszi ki a NO₃-N az összes-N-tartalomnak, a 300 kg N/ha/év kezelésben közel 9%-át. Ez a NO₃-N-koncentráció már fogyasztásra alkalmatlan terméket jelent a hazai szabályozás szerint. Általában javult a K, Ca, Mg, S és P makroelemek beépülése a növényi hajtásba, míg a mikroelemek felvételét a nitrogén túlsúlya gátolta. A 4. táblázatban megfigyelhető, hogy a spenót hajtásában a nyersfehérje 20–26%-ot ért el és a hajtás rendkívül gazdag volt Ca, K, Mg, S, P, Fe, Al és Na elemekben.

3. táblázat Az N×K-ellátottsági szintek hatása a spenót termésére, 2000. 07. 10.

N-trágyázás, kg N/ha/év	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	135	193	279	390		
Friss hajtás, t/ha						
0	7,0	10,2	10,4	11,1		9,7
100	7,4	15,3	12,0	13,7	3,4	12,1
200	9,0	12,8	15,1	13,0		12,4
300	9,0	14,3	13,7	13,0		12,5
Átlag	8,1	13,2	12,8	12,7	1,7	11,7
Légszáraz anyag, %						
0	24,6	22,8	22,4	22,1		23,0
100	27,7	23,4	24,1	23,9	2,4	24,8
200	27,3	23,0	23,0	23,7		24,2
300	26,7	23,4	22,4	22,0		23,6
Átlag	26,6	23,2	23,0	22,9	1,2	23,9
Légszáraz anyag, t/ha						
0	1,7	2,3	2,3	2,4		2,2
100	2,0	3,6	2,8	3,2	0,8	2,9
200	2,5	2,9	3,5	3,1		3,0
300	2,4	3,3	3,1	2,9		2,9
Átlag	2,2	3,0	2,9	2,9	0,4	2,8

4. táblázat A N-ellátottsági szintek és a légszáraz hajtás elemtartalma, 2000. 07. 10.

Elem jele, mértékegysége	N-trágyázás, kg N/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N %	2,91	3,86	3,89	4,10	0,34	3,69
NO ₃ -N %	0,05	0,18	0,27	0,35	0,04	0,21
K %	2,58	2,57	2,71	2,98	0,21	2,71
Ca %	2,92	3,16	3,26	3,19	0,19	3,14
Mg %	1,41	1,62	1,53	1,43	0,07	1,50
S %	0,32	0,41	0,42	0,43	0,02	0,40
P %	0,22	0,23	0,24	0,25	0,02	0,23
Fe %	0,19	0,13	0,12	0,10	0,03	0,13
Al %	0,17	0,12	0,11	0,09	0,03	0,12
Na %	0,17	0,16	0,08	0,07	0,03	0,12
Ba mg/kg	16,2	14,6	13,7	13,3	1,8	14,4
Ni mg/kg	2,5	1,8	1,8	1,5	0,5	1,9
Cr mg/kg	2,5	1,8	1,7	1,5	0,4	1,9
Pb mg/kg	1,7	1,3	1,2	1,2	0,2	1,4
Co mg/kg	1,0	0,8	0,7	0,6	0,2	0,8

5. táblázat A P-ellátottsági szintek és a légszáraz hajtás elemtartalma, 2000. 07. 10.

Elem jele, mértékegysége	AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag	
	66	153	333	542			
N	%	3,17	3,79	3,81	3,98	0,34	3,69
NO ₃ -N	%	0,18	0,20	0,23	0,24	0,04	0,21
K	%	3,86	2,46	2,20	2,31	0,21	2,71
Ca	%	3,06	3,12	3,10	3,26	0,19	3,14
Mg	%	1,43	1,52	1,49	1,56	0,07	1,50
S	%	0,29	0,41	0,42	0,46	0,02	0,40
P	%	0,13	0,25	0,27	0,29	0,02	0,23
Fe	%	0,21	0,12	0,11	0,11	0,03	0,13
Al	%	0,18	0,11	0,10	0,10	0,03	0,12
Na	%	0,09	0,12	0,12	0,15	0,03	0,12
Mn	mg/kg	369	309	300	303	23	321
Sr	mg/kg	58	75	80	88	7	75
B	mg/kg	46	44	43	44	2	44
Zn	mg/kg	24	16	15	15	2	18
Ba	mg/kg	20	13	12	12	2	14
Cu	mg/kg	6,1	5,4	5,5	5,4	0,3	5,6
Ni	mg/kg	2,9	1,7	1,5	1,5	0,5	1,9
Cr	mg/kg	2,8	1,6	1,5	1,5	0,4	1,8
Pb	mg/kg	1,9	1,1	1,2	1,2	0,2	1,4
Co	mg/kg	1,1	0,7	0,7	0,7	0,2	0,8
Cd	mg/kg	0,45	0,36	0,35	0,39	0,03	0,39
Mo	mg/kg	0,15	0,03	0,02	0,02	0,02	0,06

A talaj növekvő P-kínálata elősegítette a N, Ca, Mg, S, P, Na, Sr elemek felvételét (5. táblázat). Erőteljes pozitív hatást a P-, S- és Na-felhalmozásra gyakorolt. Gátolta viszont a kálium és a többi fém/mikroelem beépülését a növényi szövetekbe. Nagyságrenddel csökkent a Mo- és csaknem felére a Fe-, Al-, Zn-, Ba-, Ni-, Cr- és Co-koncentráció a hajtásban. *Bergmann (1992)* szerint a fiatal, éppen kifejlett spenót levelének optimális összetétele az alábbi lehet: 3,5–5,0% N, 3,5–5,3% K, 0,6–1,2% Ca, 0,4–0,8% Mg, 0,4–0,6% P, 40–100 mg/kg Mn, 40–80 mg/kg B, 20–70 mg/kg Zn, 7–15 mg/kg Cu, 0,3–1,0 mg/kg Mo a szárazanyagban.

Mivel az általunk elemzett törőzsa mintegy 80%-át a levél tette ki, durva közelítéssel a *Bergmann (1992)* által adott irányszámok, határkoncentrációk használhatók lehetnek a spenót tápláltsági állapotának megítélésére. A törőzsa elemtartalma természetesen kisebb, mint a fiatal levélé a kálium, nitrogén és foszfor tekintetében, míg az előregedéssel felhalmozódó kalcium, magnézium és mangán esetében a helyzet fordított. Úgy tűnik, e termőhelyen nem kielégítő a talaj Zn-, Cu- és Mo-ellátottsága, -szolgáltatása. Már a P-kontroll talajon is mérsékelt koncentrációjuk a növényi hajtásban.

A P-kínálat növelésével különösen a Mo- és Zn-tartalom csökken tovább, elszakadva a kívánatos optimumtól. A kontrolltalajon mért P/Zn aránya 54, a Cu/Mo aránya 41 a növényben, míg ez a hányados az extrém P-túlsúly nyomán 193

P/Zn, ill. 270 Cu/Mo túlsúlyt mutat (5. táblázat). A talaj K-kínálatával elsősorban a növény K- és Na-készlete nőtt meg látványosan. Mérséklődött viszont a magnézium, kén és a legtöbb mikroelem/fémion koncentrációja. A koncentrációk csökkenéséhez részben a növekvő termés által okozott hígulási effektus, valamint a kálium és a fémkationok közötti antagonizmus járult hozzá. Vizsgálataink eredményei részletesen a 6. táblázatban tanulmányozhatók.

Bár a spenót mindössze 2–3 t/ha szárazanyagot produkált, intenzív elemakkumulációja eredményeképpen jelentős mennyiségű makro- és mikroelemet volt képes felvenni föld feletti hajtásába.

6. táblázat A K-szintek és a légszáraz spenóthajtás elemtartalma, 2000. 07. 10.

Elem jele, mértékegysége	AL-oldható K ₂ O, mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	135	193	279	390		
N %	3,51	3,32	3,84	4,07	0,34	3,69
NO ₃ -N %	0,22	0,19	0,22	0,22	0,39	0,21
K %	1,87	2,57	3,06	3,34	0,21	2,71
Ca %	3,05	3,18	3,14	3,18	0,19	3,14
Mg %	1,65	1,58	1,40	1,37	0,07	1,50
S %	0,45	0,39	0,38	0,37	0,02	0,40
Na %	0,08	0,12	0,13	0,15	0,03	0,12
B mg/kg	47	44	43	44	2	44
Ba mg/kg	14	13	15	16	2	14
Cu mg/kg	6,6	5,4	5,2	5,2	0,3	5,6
Cr mg/kg	2,2	1,7	1,7	1,8	0,4	1,8
Pb mg/kg	1,7	1,4	1,2	1,1	0,2	1,4
Co mg/kg	0,9	0,7	0,7	0,8	0,2	0,8
Mo mg/kg	0,08	0,07	0,04	0,04	0,02	0,06

Vizsgálataink szerint a 10 t/ha friss hajtásban a talaj NPK-kínálatától függően 60–100 kg N, 60–90 kg Ca (84–126 kg CaO), 50–80 kg K (60–96 kg K₂O), 3–4 kg Mg (5–7 kg MgO), 4–8 kg P (8–18 kg P₂O₅), 6–14 kg S, 3–5 kg Fe és Al, 2–4 kg Na, 900 g Mn, 140–220 g Sr, 100–130 g B, 40–80 g Zn, 30–50 g Ba, 15–20 g Cu, 4–6 g Ni és Cr volt található. Az Pb 3–4, Co 2, Cd 1 és Mo 0,2 g/ha körüli felvételt mutatott átlagosan (7. táblázat).

A 7. táblázat adataiból az is megállapítható, hogy a N-trágyázás igazolhatóan és jelentős mértékben növelte a N, K, Ca, Mg és S makroelemek felvételét, míg a Ni, Cr, Pb, Co mikroelemek beépülését mérsékelte. A P-kínálattal javult a S, P, Na és Sr, valamint bizonyíthatóan csökkent a Fe, Al, Mn, Zn, Ba és Cu elemek hajtásban akkumulált mennyisége. A talaj növekvő K-ellátottságával 5 elem (N, K, Ca, B és Ba) készlete nőtt meg látványosan a spenót hajtásában.

7. táblázat NPK-szintek é a légszáraz spenóhajtás elemfelvétele, 2000. 07. 10.

Elem jele, mértékegysége		NPK-ellátottsági szint				SzD _{5%}	Átlag
		0	1	2	3		
N-trágyázás hatására							
N	kg/ha	64	112	117	119	7	103
K	kg/ha	57	75	81	86	6	75
Ca	kg/ha	64	92	98	93	6	87
Mg	kg/ha	31	47	46	41	5	41
S	kg/ha	7	12	13	12	2	11
Ni	g/ha	5,5	5,2	5,4	4,3	0,4	5,1
Cr	g/ha	5,5	5,2	5,1	4,3	0,4	5,0
Pb	g/ha	3,7	3,8	3,6	3,5	0,3	3,6
Co	g/ha	2,2	2,3	2,1	1,7	0,3	2,1
P-trágyázás hatására							
S	kg/ha	8	12	12	13	2	11
P	kg/ha	4	7	8	8	1	7
Fe	kg/ha	5,9	3,4	3,1	3,1	0,4	3,9
Al	kg/ha	5,0	3,1	2,8	2,8	0,4	3,4
Na	kg/ha	2,5	3,4	3,4	4,2	0,8	3,4
Mn	kg/ha	1,0	0,9	0,8	0,8	0,1	0,9
Sr	g/ha	162	210	224	246	18	210
Zn	g/ha	67	45	42	42	3	49
Ba	g/ha	56	36	34	34	3	40
Cu	g/ha	17	15	15	15	1	16
K-trágyázás hatására							
N	kg/ha	77	100	111	118	7	103
K	kg/ha	41	77	89	97	6	75
Ca	kg/ha	67	95	91	92	6	87
B	g/ha	103	132	125	128	7	122
Ba	g/ha	31	39	44	46	3	40

Megjegyzés: Cd 1 g/ha körül, Mo 0,2 g/ha körül átlagosan

Szaktanácsadási szempontból tekintve az 1 t légszáraz hajtás képződéséhez kísérleti körülményeink között kerekítve és átlagosan 37 kg N, 27 kg K (32 kg K₂O), 31 kg Ca (43 kg CaO), 15 kg Mg (25 kg MgO), 4 kg S, 2,5 kg P (6 kg P₂O₅), 1,4 kg Fe; 1,2 kg Al és Na, 321 g Mn, 75 g Sr, 44 g B, 18 g Zn, 14 g Ba és 6 g Cu elemet használt fel a spenót. A kiugróan nagy Ca- és Mg-felvétel részben az aszályos időjárással, gyors előregedéssel és a meszes termőhelyi viszonyokkal lehet összefüggésben.

Összefoglalás

1. A föld feletti hajtás/törőzsa friss tömege betakarításkor 7–15 t/ha, a légszár az anyag hozama 1,7–3,6 t/ha között változott az N×K-ellátottsági szintek függvényében. Maximális termést a 100 kg N/ha/év trágyázás adta a 200 mg/kg körüli AL-oldható K₂O-ellátottságú kezeléseknél. A 200 és 300 kg N/ha/év adagok már nem növelték a levéltermést, csak a levelek NO₃-N koncentrációját, fogyasztásra alkalmatlan terméket előidézve. A káliummal és nitrogénnel jól ellátott parcellákon a hajtás több vizet tartalmazott és jobban ellenállt az aszálynak. A talaj növekvő P-kínálata csak a kezdeti fejlődést, kelést serkentette, a betakarításkori termést nem befolyásolta a termőhely gyenge P-ellátottsága ellenére.
2. Az oxálsav mennyisége 3,3%-ról 1,3%-ra süllyedt az együttes PK-trágyázás eredményeképpen a vizsgált légszár levelekben. A levelek átlagosan 20% légszár anyagot tartalmaztak. A K-trágyázás kedvező hatása részben a terméshozással kiváltott hígulási effektusra vezethető vissza.
3. Az uralkodó *Amaranthus blitoides* gyomfaj előfordulását/borítottságát a P-trágyázás 10–12-szeresére növelte, míg a K-trágyázás 30%-kal mérsékelte május elején. A N túlsúlya ekkor szintén az AMA BL gyomborítottságot mozdította elő.
4. A talaj növekvő N- és P-kínálatával általában emelkedett a hajtás főbb makro-, ill. mérséklődött a mikroelemeknek koncentrációja. A K-trágyázás a nátrium kivételével általában csökkentette az egyéb fémek, kationok beépülését.
5. Az 1 t légszár föld feletti hajtás képződéséhez kerekítve és átlagosan 37 kg N, 27 kg K (32 kg K₂O), 31 kg Ca (43 kg CaO), 15 kg Mg (25 kg MgO), 4 kg S, 2,5 kg P (6 kg P₂O₅), 1,4 kg Fe, 1,2 kg Al és Na, 321 g Mn, 75 g Sr, 44 g B, 18 g Zn, 14 g Ba és 6 g Cu elemet igényelt a spenót. A kiugróan nagy Ca és Mg fajlagos elemfelvétel részben az aszályos időjárással, kis terméssel, gyors elöregedéssel és a meszes termőhellyel lehet összefüggésben.

17. A NO_3^- , SO_4^{2-} és a sóbemosódás vizsgálata a tartamkísérletben

17.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az utóbbi időben hazánkban is nő a közvélemény aggodalma a mezőgazdaságban alkalmazott kemikáliák környezetre gyakorolt hatását illetően. Sok fejlett, sok műtrágyát használó országokban kutatási programok indultak a gazdálkodási, valamint a talaj-hasznosítási módok és a talajvizek NO_3^- -tartalma közötti kapcsolatok tisztázására. A NO_3^- -terhelések forrásai az alábbiak lehetnek (Rohmann 1986):

1. Helyi vagy pontszerű terhelésből származók:
 - szennyvizekből elszivárgó nitrát (ipari, kommunális, hígtrágya stb.);
 - hulladék-lerakodó helyekről elszivárgó nitrát.
2. Nagy felületen fellépő, diffúz vagy nem pontszerű terhelésből származók:
 - az altalaj geokémiai összetételéből eredő nitrát;
 - csapadékból és felszíni vizekből eredő nitrát;
 - talajhumusz ásványosodásából eredő nitrát;
 - szerves trágyákból és N-tartalmú műtrágyákból eredő nitrát.

A helyi források csak esetenkénti és területileg korlátozott jelentőséggel bírnak. Erre jó példák a falusi kutak, amelyekben gyakran 200-500 mg/l NO_3^- -tartalmat mérnek. Az NSZK-ban ezzel szemben az ivóvizekben 1985-től kezdődően az 50 mg/l NO_3^- , azaz 11 mg/l $\text{NO}_3\text{-N}$ a megengedett (Rohmann 1986).

A mezőgazdaságilag hasznosított területen, nem pontszerűen jelentkező N-terhelések közül a talaj szerves anyagaiból (humusz, gyökérmaradványok), a főként intenzív hasznosítás alatt álló talajokban a szerves- és műtrágyákból származó nitrogén mennyiségeit tekintik általában döntőeknek (Amberger 1983, Wehrmann és Scharpf 1983, Pratt 1984).

Mindaddig, amíg a talaj-N szerves formában van jelen, illetve mint NH_4^+ a kolloidok felületén van megkötve, kilúgzásról tulajdonképpen nem beszélhetünk. A vertikális úton fellépő N-vesztések (a gyökérszónából a talajvízbe) szinte kizárólag NO_3^- -formában történnek. Mint ismeretes, a kimosódás a klíma (a csapadék vagy öntözővíz mennyisége, eloszlása és gyakorisága), a talaj (szerkezete és vízgazdálkodási tulajdonságai: áteresztő és visszatartó képessége), és az agrotechnika (növénytakaró milyensége) függvénye. A trágyázás módja, adagja, ideje és formája egyaránt meghatározó lehet.

A talaj átmeneti víztelítettsége és különösen a növényborítás, illetve az intenzív vízfelhasználás nélküli időszakokban a nitrát a mélyebb rétegekbe mosódik be. A tavasszal és nyár elején fellépő szárazabb periódusban, amikor a növényi növekedés és vízfogyasztás is jelentősebb, a $\text{NO}_3\text{-N}$ egy része a felfelé áramló vízzel ismét emelkedhet. Általánosan elfogadott ezért, hogy minél hosszabb a növény vegetációs periódusa, annál kisebb a kilúgzás. A legnagyobb N-vesztéssel a növényvel nem fedett ugaron számolhatunk.

Minél nagyobb egy talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalma és minél nagyobb a vízáteresztő képessége, annál nagyobb NO_3^- -vesztés jelentkezik. Mivel a nitrát a vízzel mozog, a kilúgzott NO_3^- -mennyisége végső soron az átszivárgott víz mennyiségétől és annak NO_3^- -koncentrációjától függ. Amberger (1979) a németországi 36 éves

liziméteres kísérleteiben 50-75 kg N/ha éves veszteséget talált, a különböző fizikai féleségű talajokon megközelítőleg azonos mennyiségben. A homokon ugyan gyorsabb volt a kilúgzás, de intenzív trágyázás nélkül alacsony volt a NO₃-N készlet is a kis humusztartalom miatt. A vályog és kötöttebb talajokon lassúbb volt a kilúgzás, de nagyobb volt a NO₃-N-tartalom a mineralizációból eredően. Ha mind az átszivárgó víz mennyisége, mind annak N-tartalma nagy, igen jelentős lehet a N-veszteség is. Az átszivárgó víz mennyiségének ismerete nélkül azonban a NO₃⁻ koncentráció önmagában nem elegendő indikátora a tényleges kilúgzásnak. *Amberger (1979)* előbb említett liziméteres kísérleteiben az évi átlagos csapadék mennyisége 800 mm körüli volt, az átszivárgó víz pedig 100-200 mm-t tett ki.

Általános az a vélemény, hogy a talajhasznosítás módja, valamint a gazdálkodás jellege döntően befolyásolhatja a talajvizek nitrátosodását. Az intenzív trágyázás öntözéssel – túlóntozás és túltrágyázás – párosulva jelenthet nagy veszélyt a talajvizekre (*Nielsen et al. 1979, Pratt 1984*).

A jól szellőzőtt és jó vízáteresztő képességű talajokban a beszivárgó víz, amely elhagyja a gyökérszónát, áthalad egy telítetlen zónán, mielőbb elérheti a talajvízszintet, a telített zónát. Az átszivárgás sebessége ebben a telítetlen talajrétegben arányos a beszivárgó víz mennyiségével és fordítottan arányos a talaj térfogatos víztartalmával. *Pratt (1984)* szerint kaliforniai talajokon ez a becsült átlagos érték 0,5-1,8 m/év között ingadozott, azaz az adott öntözési gyakorlat mellett a 30 m mélyen elhelyezkedő talajvizekbe jutáshoz 15-60 évre van szükség. Nagy az átszivárgás sebessége homokon erősebb öntözéskor, mert a talajoknak kicsi a víztartó képességük.

Lássunk néhány adatot a lehetséges N-veszteség mértékéről kimosódás útján az intenzíven öntözött és trágyázott gazdálkodás viszonyai között. *Pratt és Adriano (1973)* a dél-kaliforniai Santa Anna folyó völgyében 25 helyről vett mintákat kísérleti és üzemi területekről, amelyeken a felhasznált összes N-mennyiség 111-1525 kg N/ha között ingadozott évente. A nagy N-felhasználás a nagyüzemi állattartó telepek hígtrágyájának koncentrált kijuttatásából adódott. A kilúgzott NO₃-N 25-912 kg N/ha/év volt, az átszivárgás sebessége pedig 18-76 cm/év a talajokon. Átlagosan 190 kg N/ha mosódott ki. Ha kizárták az extrém, pontszerű szennyeződésnek (400 kg N/ha felett) kitett helyeket, az átlagos kilúgzás 99 kg N/ha mennyiség volt évente. A szivárgó víz NO₃-N koncentrációja 12-123 mg/l között változott, átlagosan 52 mg/l volt. A 400 kg N/ha feletti helyek kizárásával az átlag 36 mg/l volt, ugyanakkor az USA-ban engedélyezett NO₃-N szint az ivóvizekben 10 mg/l.

Rible és munkatársai (1979) ugyancsak Kaliforniában 83 helyet mintáztak és azt találták, hogy a nitrogénnel nem műtrágyázott talajokban az átszivárgó vízben 19 mg/l, míg átlagosan 41 mg/l volt a NO₃-N koncentráció. *Lund et al. (1978)* becslései szerint az egyik kaliforniai öntözött völgyben az öntözővízzel és a N-műtrágyával felhasznált nitrogén mintegy 24 %-a volt a termésben, 39 %-a kimosódott (128 kg N/ha évente), míg 37 % számba vehetetlennek bizonyult. *Lund (1979)* részletes méréseket végzett 7 üzemi táblán, ahol az átszivárgó víz NO₃-N tartalma a táblák átlagaiban 40-152 mg/l között ingadozott, és megállapította, hogy az évi kilúgzás az öntözött zöldség, borsó és cukorrépa növények alatt 90-260 kg N/ha volt.

Összegezve az öntözött kaliforniai völgyekre kapott felvételezések adatait *Pratt (1984)* bemutatja a kilúgzás által okozott N-veszteség becsült nagyságát, mely évi 182 kg N/ha mennyiségnek adódott. Kalifornia 3,5 millió hektár öntözött területére extrapolálva ez 311 ezer tonna N-kilúgzást jelenthet, amely kb. 50 %-a az összes N-felhasználásnak (szerves + műtrágya). A kilúgzott nitrogén egy része származhatott a talaj szerves anyagának bomlásából, mikrobiális N-megkötésből is, a szerző azonban megjegyzi, hogy valószínűleg csak a kisebb részük.

A gyepek növelik a talaj szervesanyag-készletét és ezzel N-tartalmát is. Ugyanazon termőhelyen a különbség akár a kétszerese is lehet a szántóhoz viszonyítva. A gyepek feltörésekor már az első években a füvekben tárolt N-veszteség 20-30 %-a mobilizálódhat. Különösen nagy NO_3^- -terhelés léphet fel a szántóként használt mélylápokon, ahol évente 1-2 cm tőzegcsökkenéssel akár 1500-3000 kg N/ha is felszabadulhat, ugyanakkor a humuszképződés igen lassú (*Kuntze 1983*).

Kreutzer (1983) az NSZK erdeiben végzett vizsgálatait összesítve megemlíti, hogy az erdők nagy része alatt a talajoldat, illetve az átszivárgó víz NO_3^- -tartalma 15 mg NO_3^-/l -nél alacsonyabb, azaz 3-4 mg NO_3^-/l . Esetenként azonban az erdő sem lát el „vízvédelmi” funkciót, mert 50-100 mg NO_3^-/l és e feletti értékek is előfordulnak, részben némely égerállományban, amely N-fixációra képes, valamint olyan erdőgazdálkodási beavatkozások hatására, mint a trágyázás, meszezés, irtás, felújítás.

A mezőgazdasági művelés alatt álló területeket tekintve a tartós gyepek, valamint a nem erősen trágyázott rétek és legelők alatt szinte nem beszélhetünk kimosódásról, mivel a talaj állandóan növényvel borított és a füvek még alacsonyabb hőmérsékleten is vesznek fel vizet és nitrogént. *Amberger (1983)* Németországban 200 mm átfolyt vízben – 130 kg N/ha trágyázás esetén – agyagos talajon mindössze 3, homokon 7 kg N/ha veszteséget mért. Kalászosok alatt ez a veszteség mintegy 4-szeresére, míg a kapások alatt 6-szorosára nőtt ugyanazon a talajon.

A szántóföldi zöldségfélék alatt a talajok ásványi N-készlete – a kalászos forgóhoz viszonyítva – közel egy nagyságrenddel nagyobb lehet az intenzív trágyázás miatt. *Wehrmann és Scharpf (1983)* az éves N-veszteségeket 100-300 kg N/ha mennyiségre becsülte németországi üzemi viszonyok között.

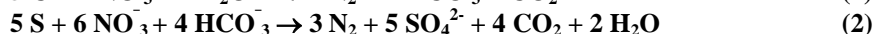
Walter és Resch (1983) a németországi Mosel-vidéki szőlők alatti talajokat vizsgálva megállapítják, hogy az erőteljes túltrágyázás (200-400 kg N/ha/év) gyakori. Liziméteres vizsgálataik szerint az éves N-kilúgzás mértéke a 200 kg N/ha mennyiséget is elérheti vagy meghaladhatja. Az okok között említik:

- a szőlő viszonylag rövid tenészedejét (180-190 nap);
- az alacsony tőszámot (4-5 ezer szőlőtőke ha-onként);
- a megtermett biomassza nagy része a táblán marad, a gyümölcs N-tartalma 20-30 kg N/ha mindössze;
- a vázrészek magas arányát a talajban, ezzel összefüggésben a nagy vízelnyelő- és vízáteresztő képességet, a kapillárisnál nagyobb pórusok túlsúlyát;
- a könnyen melegedő, jól szellőző, magas humusztartalmú talajok gyors mineralizációját a kedvező pH-értéken.

A szerzők javasolták a talajvizsgálatok alapján való N-trágyázást, mely szerint 40-100 kg N/ha mennyiségnél nagyobb trágyaigény nem jelentkezik. A trágyafelhasználást a negyedére lehetne csökkenteni a terméscsökkenés veszélye nélkül.

A Mosel völgyében a talajvizek, kutak vízminősége már az 1960-as évek végével leromlott a túltrágyázás miatt (Resch és Walter 1986). A szőlő N-trágyázásának intenzitása és a talajvizek nitrátosodása közötti kapcsolatot mind a tudomány, mind a gyakorlat a közelmúltig elutasította annak ellenére, hogy a liziméteres kísérletek eredményeit több szerző is publikálta. Ma már a Mosel völgye szinte teljesen külső vízforrásokra kell, hogy hagyatkozzon az ivóvízellátásban. A szerzők liziméteres kísérleteiben 4 évvel a N-trágyázásbeszüntetése után sem tapasztaltak N-hiányt, mert az ásványosodás elegendő nitrogént szolgáltatott. Csapadékosabb vidékeken a gyesesítést is javasolták a NO₃-kilúgzás csökkentésére.

A nitrát ugyanakkor könnyen redukálódhat, hiszen erős oxidálószerként ismert. Bizonyos talajokban ez a redukció végbemegy és nincs nitrát probléma. Az altalajban végbemenő denitrifikáció következményeként is romolhat a talajvíz minősége. Redukáló vegyületként ott a pirit és a szerves szén, barnaszén vagy lignit maradványai játszanak szerepet. A reakció eredményeképpen szulfátok, hidrogén-karbonátok, vasvegyületek szaporodhatnak fel a talajvizekben Kölle (1983) szerint, az alábbi egyenletek alapján:



Az NSZK-ban, a Fuhrberg térségében elhelyezkedő vízművek vízgyűjtőin végzett felmérések szerint a gazdálkodás, illetve a trágyázás intenzitásával a vizek SO₄²⁻- és Fe-tartalma, szennyeződése mutatott egyértelmű összefüggést, a NO₃⁻-tartalom mindig alacsonyabb volt. Kölle (1983) előbb említett munkájában megjegyzi, hogy ez idáig a denitrifikációs folyamatok miatt bekövetkező vízromlás még nem vezetett vízművek bezárásához. Egyes vízművek létét azonban már az említett „redukáló” talajokban és talajvizekben erősödő vízkeménység, a 250 mg SO₄²⁻/l határkoncentráció esetenkénti túllépése, a Mn-, NH₄⁺-, Cl- és egyéb sók növekvő koncentrációja komolyan veszélyezteti.

A műtrágyák vivőanyagai ugyancsak jelentősen terhelik a talajt és hozzájárulhatnak a vizek szennyeződéséhez. A szuperfoszfát a szokásos 18-20 % P₂O₅-tartalmán kívül még mintegy 13 % elemi kén (kb. 40 % SO₄²⁻); a 40 %-os kálisó a 40 % K₂O-n kívül még 10 % Na- és 45 % Cl-tartalommal is rendelkezhet.

Korábbi munkánkban beszámoltunk arról, hogy a műtrágyák kísérőionjainak és tápelemeinek mozgását a talajprofilban jól jelezte az „összes só”-tartalom is. A szuperfoszfáttal végzett feltöltő P-trágyázást követően, a kísérlet első éve után a 0-20 cm-es rétegben maradt a foszfor, a 0-40 cm-es rétegben a SO₄²⁻. A 40 %-os kálisóval végzett feltöltő trágyázás után a K⁺ a szántott rétegben dúsult fel többszörösére a trágyázatlanhoz viszonyítva. A NO₃-N az aratás után, nyáron, alapvetően a 0-60 cm-es rétegben maradt (Kádár et al. 1976).

Hazai viszonyaink között öntözés nélküli szántóföldi termesztésben igen kevés adatot találunk a nitrát talajszelvényben való lehetséges mozgásáról, felhalmozásáról. Egzakt, 11 éves szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletben, ahol

a trágyázás nyomán eltérő N-ellátottsági viszonyokat alakítottunk ki, nyomon kívántuk követni a NO₃-N mozgását. Felvetődik a kérdés, hogy egy jól szellőző meszes, humuszos vályogtalajon mi történik a műtrágyával adott, de a növény által már fel nem vett nitrogénnel? Mely része található NO₃⁻-formában, mely része mozdult el a gyökérszóna alá és fenyegetheti a kilúgzás veszélye?

17.2. Kísérleti eredmények 1984-ben és 1985-ben (11. és 12. év)

Kísérletünkben elértük, hogy minden olyan tápláltsági szituációt (gyenge, közepes, jó és magas ellátottsági tartományokban) létrehozzunk, mely a gyakorlatban az üzemi táblákon is előfordul vagy előfordulhat a jövőben (1. és 2. táblázat).

1. táblázat Az alkalmazott tápanyagok és műtrágyák (t/ha/11 év) 1973-1984

Kezelés jele	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	/K ₂ O/	Pétisó	Szuperf.	Kálisó
	hatóanyagra számolva				25 %	18 %	50 %
000	0	0	0	/0/	0	0	0 /0/
111	1,1	1,0	1,0	/1,5/	4,4	5,5	2,0 /3,0/
222	2,2	2,0	2,0	/3,0/	8,8	11,0	4,0 /6,0/
333	3,3	3,0	3,0	/4,5/	13,2	16,5	6,0 /9,0/

/K₂O/ = 1985-ben

2. táblázat A mészlepedékes csernozjom talaj AL-PK tartalmának változása, 1984

Mintavétel mélys. cm	Kezelés jele				SzD _{5%}	Átlag
	000	111	222	333		
	AL-P ₂ O ₅ , mg/kg					
0-20	76	150	292	470	36	247
20-40	46	58	93	126	16	81
40-60	38	42	51	68	6	50
	AL-K ₂ O, mg/kg					
0-20	130	144	186	263	7	181
20-40	103	98	114	138	13	113
40-60	75	73	78	77	9	76

A mélyfúrás céljaira az N₀P₀K₀, N₁P₁K₁, N₂P₂K₂, N₃P₃K₃ (továbbiakban: 000, 111, 222 és 333) parcellák 2 ismétlését, tehát összesen 8 parcellát választottunk, ahol a vizsgált tápelemek ellátottsági szintjei együtt emelkedtek. A repce betakarítását követően 1984 augusztusában került sor 20 cm-es rétegenként, parcellánként 3-3 pontban (összesen 6 pont kezelésenként) a 3 m mélységet érintő fúrásokra. A rétegenként 24, összesen 360 talajminta analízisét a Fejér megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás végezte a szokásos paraméterekre. Mintavételkor szárítószekrényes módszerrel a talajnedvesség tartalmakat is meghatároztuk. A mintavételt a következő évben, 1985 augusztusában mustár jelzőnövény betakarítása után megismételtük, 6 m mélységig kiterjesztve a fúrásokat. Ezúton azonban csak 1-1 fúrásra került sor parcellánként és rétegenként, azaz 4x6x5=120 minta analízisére. Tájékoztatóra, illetve a mélyebb rétegek jellemzésére ezek a pontminták elegendőnek bizonyultak.

3.táblázat

A vizsgált talaj néhány kémiai és fizikai sajátossága a 0-3 m-es rétegben mg/kg, 1984

Mintavétel mélysége, cm	pH KCl	CaCO ₃ %	K _A	Humusz %	AL-oldható		KCl+EDTA-oldható			KCl-kicserélhető	
					P ₂ O ₅	K ₂ O	Mn	Zn	Cu	Mg	Na
0-20	7,26	3	51	3,00	80	163	89	1,5	1,8	188	39
20-40	7,28	5	52	2,68	62	137	44	1,2	1,4	181	41
40-60	7,35	11	53	1,82	48	98	17	0,6	0,7	179	61
60-80	7,37	18	53	1,30	46	87	9	0,7	0,9	183	66
80-100	7,40	19	50	0,98	40	83	9	0,7	1,0	225	63
100-120	7,49	21	43	0,78	34	85	8	0,4	1,0	271	68
120-140	7,59	21	41	0,61	33	90	11	0,4	1,0	324	72
140-160	7,60	20	39	0,45	32	88	12	0,6	1,3	354	69
160-180	7,66	20	38	0,40	28	68	11	0,4	1,1	362	71
180-200	7,68	18	37	0,30	33	75	12	0,3	0,9	372	67
200-220	7,73	17	37	0,25	21	63	17	0,5	0,9	373	64
220-240	7,78	17	36	0,25	20	62	18	0,4	0,8	370	61
240-260	7,76	21	36	0,27	25	54	19	0,4	0,9	373	64
260-280	7,78	18	36	0,26	29	55	14	0,5	0,9	377	61
280-300	7,80	17	37	0,24	24	58	18	0,6	0,9	408	60
0-100	7,33	11	52	1,89	55	114	34	0,9	1,2	191	54
100-200	7,60	20	40	0,51	32	81	11	0,4	1,1	337	69
200-300	7,77	18	36	0,25	24	58	17	0,5	0,9	380	62
a/ Átlag	7,57	16	43	0,88	37	84	21	0,6	1,1	303	62

Megjegyzés: Parcellánként 3-3, azaz kezelésenként 6-6 minta átlaga

A MÉM NAK a $\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$ összegét határozza meg. Ezen a jól szellőzött talajon azonban ez az érték gyakorlatilag a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségének felel meg. A továbbiakban az egyszerűség kedvéért csak a NO_3^- -ről beszélünk majd. Korábbi vizsgálatainkban ugyanis már utaltunk arra, hogy a műtrágyázás hatására a $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalom változik elsősorban a talajban, és bár jelentős szezondinamikát mutathat, szaktanácsadási célokra is alkalmas (Németh és Buzás 1984, Kovács 1982).

A 0-3 m-es talajréteg néhány agrokémiai szempontból fontosabb jellemzőjét a 3. táblázatban foglaltuk össze. Amint az adatokból látható, a mélységgel a pH_{KCl} és a CaCO_3 -tartalom emelkedik, míg a kötöttség és a humusztartalom csökken a löszre jellemző értékekkel a 2-3 m-es rétegben. A mészlepedékes csernozjomra jellemzően a humuszos szint viszonylag mély, 1 m mélységig a humusztartalom 1 % felett van, és – mint a vízhatás alól mentes típusokban – fokozatos átmenetet mutat. A kilúgzás itt nem jellemző, csupán kísérő folyamat, amely a felső talajszintekből kioldja a szénsavas meszet, de csak csökkenti a karbonát tartalmat. A kilúgzás az ősztől tavaszig tartó átnedvesedéssel esik egybe. A mészlepedék nyáron a szárazság idején a 30-70 cm-es rétegben kiválhat és amikor a mélyebbre mosódott sók egy része a talajvízzel a felszín felé vándorol, a kilúgzás visszafordul (Stefanovits 1975, Szűcs 1965).

A szántott réteg szerkezete a művelés hatására leromlott, elporosodott és az alján tömődöttebb réteg található, amelyben a kolloidok feldúsulhatnak az átszapolás következtében. Ebből eredően a kötöttség itt a legmagasabb. A növényi tápelem-tartalmakat vizsgálva megállapítható, hogy a felső 0-40 cm-es rétegben dúsult fel a biológiai akkumuláció eredményeképpen a N (humusz), a felvehető P, K, Mn, Zn és Cu. A kilúgzás, a lefelé való mozgás uralkodó jellege abban mutatkozik meg, hogy a könnyen oldható Mg- és Na-tartalom az alsóbb talajrétegekben akkumulálódott.

A 4. táblázatban a 0-3 m-es szelvény nedvesség- és $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalmának alakulását tanulmányozhatjuk. Megállapítható, hogy a talaj víztartalma a beázás függvénye, az alsóbb rétegek víztartalma fokozatosan csökken. A nitrát a vízzel együtt mozog. Az évi 200-300 kg N/ha adagú kezelésekből a $\text{NO}_3\text{-N}$ gyakorlatilag a teljes vizsgált 3 m mélységben feldúsult. A 0-3 m-es réteg általában a 333-as kezelésben tízszer akkora $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációt mértünk, mint a 11 éve nem trágyázott kontrollon.

A legtöbb szántóföldi növény a felső 0-1 m-es talajréteg víz- és tápanyag készletét hasznosítja alapvetően. A tartós, évi 300 kg N/ha adagú trágyázás hatására az 1 m-es réteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete meghaladta a 450 kg N/ha, az 1-2 méteres rétegben elérte a 600 kg N/ha, míg a 0-3 m-es rétegben az 1300 kg N/ha mennyiségeket. Ez utóbbi N-mennyiség fedezhetné egy közepes gabonatermés N-igényét egy évtizedet át! A 11 éven át nitrogénnel nem trágyázott parcellákkal összevetve, a 333-as parcellák talajának $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 1200 kg N/ha mennyiséggel haladta meg a kontrollt a 0-3 m-es rétegben.

A feleslegben levő $\text{NO}_3\text{-N}$ már nem áramlik felfelé tartósan az alsóbb rétegekből, az 1 m alatti rétegekből, túltrágyázás esetén, mert a 0-1 m-es rétegben is meghaladja mennyisége a növényi felvétel fiziológiai határait. Ez a nitrogén már nem válhat tápanyaggá, lassan lefelé mozog mint a Cl^- , Na^+ , stb. A 0-3 m-es mélységgel nem tudtuk a $\text{NO}_3\text{-N}$ bemosódásának alsó határát pontosan megítélni, így

1985-ben, a kísérlet 12. évében mustár aratását követően augusztusban a fúrásokat 6 m mélységig folytattuk.

4.táblázat A nedvesség és a NO₂+NO₃-N eloszlása a 0-3 m-es rétegben tartós műtrágyázás hatására (1984. augusztus, 6-6 fúrás átlagai), mg/kg

Mvétel mélys.cm	H ₂ O %	NO ₂ +NO ₃ -N				Szd ₅ %	Átlag
		000	111	222	333		
0-20	14,2	6,4	5,6	10,4	17,2		9,9
20-40	14,8	4,9	7,5	12,4	16,8		10,4
40-60	13,9	3,2	2,7	10,5	30,8		11,8
60-80	11,7	4,3	2,4	20,0	43,1		17,4
80-100	12,0	3,3	6,6	28,3	54,8		23,2
100-120	11,5	2,5	8,4	25,4	45,3		20,4
120-140	10,8	2,4	5,7	24,6	44,8		19,4
140-160	11,1	2,5	4,0	27,0	49,4	4,8	20,7
160-180	10,0	2,5	4,3	28,2	46,0		20,2
180-200	10,6	1,5	4,1	21,5	29,2		14,0
200-220	10,1	1,8	4,4	15,4	25,3		11,7
220-240	9,9	2,2	4,1	12,0	21,2		9,9
240-260	9,9	3,2	4,2	9,2	19,3		9,0
260-280	9,8	3,6	3,6	9,2	18,3		8,7
280-300	9,9	3,7	3,5	9,8	16,9		8,5
Átlag	11,5	3,2	4,7	4,8	31,9	1,8	14,3
0-100	13,3	4,4	5,0	16,3	32,5		14,5
100-200	10,8	2,3	5,3	25,3	42,9		18,9
200-300	9,9	2,9	4,0	11,1	20,2		9,6
		kg/ha (Térfogsúly 1,4:1 ppm = 14 kg/ha/m)					
0-100	-	62	70	228	455		-
100-200	-	32	74	354	600		-
200-300	-	41	56	155	283		-
0-300	-	135	200	737	1338		-
		kg/ha többlet a kontrollhoz viszonyítva					
0-100	-	-	8	166	393		-
100-200	-	-	50	436	810		-
200-300	-	-	65	602	1203		-

Az adatokból látható, hogy a kontroll és az évi 100 kg N/ha kezelések között nem volt eltérés a NO₃-N tartalomban, mert a növényi felvétel meghaladta az évi

100 kg N/ha mennyiséget. A NO₃-N bemosódásának maximuma a 222-es és 333-as kezelésekben 60-200 cm között volt.

Jelentős különbségek adódtak a felvehető SO₄²⁻ tartalomban is. A 0-3 m-es talajréteg SO₄(KCl) készlete mintegy megkétszereződött műtrágyázás hatására, 700 kg/ha mennyiségről 1500-1600 kg/ha-ra emelkedett. A 000 és 333-as kezelés között 950 kg/ha különbség adódott e módszerrel becsülve. A lehetséges növényi felvételt véve alapul feltehető, hogy e talajban hosszú évekre, évtizedekre elegendő S-tápelem van jelen trágyázás nélkül is a növények számára elérhető talajmélységben. A SO₄²⁻ lefelé való mozgása jellemző (5. táblázat).

5.táblázat A SO₄²⁻ eloszlása a 0-3 m-es rétegben tartós műtrágyázás hatására, mg/kg (1984 augusztus, 6-6 fúrás átlagai)

Mvétel mélys.cm	SO ₄ ²⁻					SzD _{5%}	Átlag
	000	111	222	333			
0-20	17,4	22,6	23,6	34,3			24,5
20-40	11,0	19,0	19,8	33,8			20,9
40-60	16,2	32,7	39,2	50,2			24,6
60-80	20,2	49,3	58,3	54,4			45,6
80-100	21,6	50,3	47,0	48,1			41,8
100-120	20,7	30,5	33,8	40,0			31,2
120-140	23,2	26,1	34,9	42,2			31,6
140-160	18,8	27,1	37,2	48,6	7,2		32,9
160-180	14,8	32,7	41,6	48,5			34,4
180-200	11,4	34,2	46,7	42,0			33,6
200-220	14,6	29,6	38,7	40,3			30,8
220-240	15,2	24,3	29,5	32,1			25,3
240-260	16,0	22,1	24,5	35,6			24,6
260-280	16,0	19,6	25,2	21,0			20,4
280-300	15,7	20,5	23,4	20,7			20,1
Átlag	16,8	29,4	34,9	39,4	2,6		30,1
0-100	17,3	34,8	37,6	44,2			33,5
100-200	17,8	30,1	38,8	44,3			32,8
200-300	15,5	23,2	28,3	29,9			24,2
	kg/ha (Térfogatsúly 1,4:1 ppm = 14 kg/ha/m)						
0-100	242	487	526	619			469
100-200	249	421	543	620			459
200-300	217	325	396	419			339
0-300	708	1223	1465	1658			1267
	kg/ha többlet a kontrollhoz viszonyítva						
0-100	-	245	284	377			-
100-200	-	280	473	573			-
200-300	-	525	757	950			-

6. táblázat A műtrágyázás hatása a 0-3 m-es talajszelelvény összes sótartalmára, ‰
(1984. augusztus, 6-6 fűrés átlagai)

Mintavétel mélysége, cm	Kezelés				Átlag
	000	111	222	333	
0-20	0,15	0,17	0,30	0,57	0,30
20-40	-	-	0,23	0,33	0,14
40-60	-	-	0,15	0,58	0,18
60-80	-	0,07	0,40	0,87	0,34
80-100	-	0,08	0,60	0,95	0,41
100-120	-	0,07	0,63	1,05	0,44
120-140	-	0,07	0,73	1,10	0,48
140-160	-	-	0,82	1,08	0,48
160-180	-	0,07	0,72	0,98	0,44
180-200	-	0,03	0,73	0,87	0,42
200-220	-	-	0,57	0,72	0,32
220-240	-	-	0,53	0,53	0,26
240-260	-	-	0,47	0,57	0,26
260-280	-	-	0,45	0,57	0,25
280-300	-	-	0,35	0,60	0,24
0-100	0,03	0,06	0,34	0,66	0,17
100-200	-	0,05	0,73	1,04	0,45
200-300	-	-	0,47	0,60	0,27
		t/ha (térfogatsúly = 1,4)			
0-100	0,42	0,84	4,76	9,24	3,84
100-200	-	0,70	10,22	14,56	6,30
200-300	-	-	6,58	8,40	3,78
0-200	0,42	1,54	14,98	23,80	10,14
0-300	0,42	1,54	21,56	32,20	13,92
		Különbség a kontrollhoz viszonyítva			
	-	1,12	21,14	31,78	
		1973-1984. között a műtrágyával a területre juttatott összes só, t/ha			
Pétisó	-	4,40	8,80	13,20	
Szuperfoszfát	-	5,50	11,00	16,50	
Kálisó -		3,00	6,00	9,00	
Összesen	-	12,90	25,80	38,70	

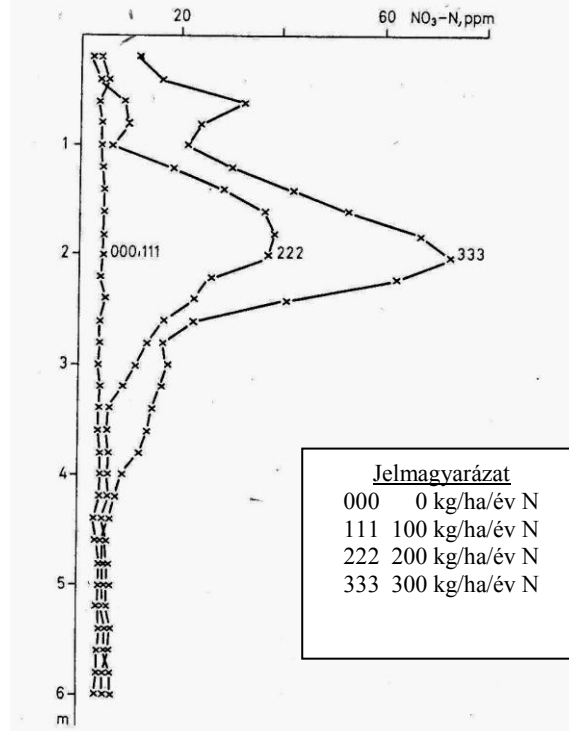
A 6. táblázatban bemutatott, az elektromos vezetőképesség elve alapján becsült összes sótartalom változása arra utal, hogy műtrágyázással az elektrolitek mennyisége nagyságrendekkel megnőhet a talajban. Ezzel az egyszerű méréssel jól nyomon követhető a műtrágyák tápelemeinek és egyéb kísérő ionjainak mozgása, illetve feldúsulása. Korábbi ilyen irányú méréseink szerint feltehetően a NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} anionok, valamint a Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ kationok játszanak

szerepet a szokásos pétisó, szuperfoszfát és kálisó alkalmazásakor (Kádár *et al.* 1976).

Az így mért összes só mennyiségét t/ha-ban is kifejeztük, hogy a műtrágyázás hatását kézzelfoghatóbbá tegyük. A 222-es és 333-as kezelésekben, ahol már mindhárom tápelem (NPK) tekintetében jelentős túltrágyázásra került sor a növényi tápanyag-felvételén túlmenően, 21-32 t/ha összes só mennyiséget találtunk a 0-3 m-es rétegben. Ha ezzel szembeállítjuk a felhasznált műtrágyák mennyiségeit, nagyságrendileg hasonló mennyiségeket kapunk. Bár a talajban ilyen módon becsült „összes só” és a műtrágyák fizikai súlya között közvetlen kapcsolatot nem kereshetünk megjegyezzük, hogy a talajban talált összes só mennyisége az összes NPK-műtrágya fizikai súlyának mintegy 80 %-át jelentette.

Kétségtelen tehát, hogy a műtrágyák növelik a talaj elektrolit-tartalmát, összes só tartalmát és ezzel befolyásolhatják nemcsak a talaj, de a talajvíz minőségét is. A 7. táblázatban a 0-6 m-es réteget érintő fúrások adatait összegeztük. A SO_4^{2-} (KCl) adatok 4 analízis (000, 111, 222, 333-as kezelések), a nedvesség 2 fúrás (000, 333-as kezelés), az összes só pedig 1 analízis (333-as kezelés) eredménye. A SO_4^{2-} (KCl) felhalmozódása, bemosódásának maximuma itt is a 60-200 cm-es rétegben adódik. A 0-2 m-es réteg nedvességtartalma szemmel láthatóan magasabb, mint az előző 1984. évi hasonló időszakában volt, összevetve a 4. táblázatban közöltekkel.

1.ábra: A $\text{NO}_3\text{-N}$ eloszlása a 0-6 m-es talajrétegben tartós műtrágyázás hatására (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök, 1985 augusztus, 6-6 analízis adatai)



Az előző év mérési eredményeivel egyezően nincs különbség a 000 és 111-es parcellák NO₃-N tartalmában, ezért az *1. ábrán* az átlagaikat tüntettük fel. A növényi tápelemfelvételt meghaladó N-trágyázás eredményeképpen a 222-es és 333-as parcellák alatt, a 40-240 cm-es rétegben jelentős a NO₃-N feldúsulás. Úgy tűnik, hogy a feldúsulás maximuma lefelé húzódik, két csúcs is látható (60 cm kis csúcsa és a 2 m „nagy” csúcsa). Kétségtelen, hogy a kísérlet 12. évében a NO₃-N bemosódása elérte a 3-3,5 m mélységet, közeledve a 4 m felé. Ez megfelelne évi 20-30 cm lefelé irányuló mozgásnak. További mérésekkel szükséges igazolnunk a jövőben a mozgás sebességét, határát.

A *7. táblázatban* a jobb áttekinthetőség érdekében m-es rétegenként összegezve, valamint kg/ha-ban is kifejezve közöljük az 1985. évi 0-6 m fúrás SO₄²⁻(KCl) és NO₃⁻(KCl) eredményeit. Mind a SO₄²⁻, mind a NO₃⁻ átlagos koncentrációja az 1-3 m-es rétegben a legnagyobb, elsősorban az 1-2 m-ig terjedő mélységben. A vizsgált 6 m-es mélységig található SO₄²⁻ összes mennyisége 2072 kg/ha volt. Trágyázás nélkül a 12. év után mintegy 350, évi 100 kg N/ha adagnál 400, 200 kg N/ha adagnál 1000, míg a 300 kg N/ha/év adagnál 1800 kg NO₃-N/ha mutatható ki. A kontrollhoz képest a 0-6 m-es réteg NO₃-N készlete 664 (222-es kezelés), ill. 1466 (333-as kezelés) kg/ha-ra nőtt. Ezek az adatok alátámasztják az előző évben a 0-3 m-es rétegben nyert és a *4. táblázatban* közölt eredményeket.

Ahhoz, hogy a talaj N-forgalmáról megbízható képet alkothassunk, szükséges a növények által felvett tápelemek mennyiségének, ill. a talaj tápelem mérlegének ismerete. Kísérletünkben rendszeres növényvizsgálatokat végeztünk.

A *8. táblázatban* a műtrágyával a talajba juttatott (adott), valamint a növény által felvett (kivont) tápelem mennyiségéből becsültük a talajban maradt (egyenleg) mennyiségeket. Az egyes kezelések talajában, N-állapotukat tekintve jelentős különbségek adódtak a mérleg szerint, melyet összevethettünk a NO₃-N formában talált mennyiségekkel.

A kísérlet 11 éve alatt a 333-as kezelésben például 3300 kg/ha műtrágya-N-t adtunk, a növényi felvétel mintegy 1800 kg/ha volt. Ismeretes, hogy a műtrágya-N-nek csak egy részét, szabadföldi viszonyok között általában mintegy felét veszik fel abban az évben a növények. A N másik, közvetlenül fel nem vett része bizonyos átalakuláson megy végbe a talajban, pl. NH₄-N a talajkolloidokban és a kristályrácsokban megkötődhet, a N mikrobiális transzformáció útján átmenetileg lekötődhet stb. Hosszabb időszakot tekintve azonban (amennyiben jól szellőző talajokon a denitrifikáció nem számottevő) a legfontosabb N „fogyasztók” a talajban a növényi N-felvétel és a kilúgzás. Mérlegszámításainkban feltesszük, hogy a növényi felvétel a műtrágya-N rovására történt. Amennyiben ilyen N-forrás nem volt, illetve nem fedezte a N-felvételt (negatív mérlegű parcellákon), úgy a talaj eredeti N-készlete csökkent.

Az előbb említett példánkban tehát 1984-ben a 333-as kezelésben közel 1500 kg N/ha maradt a talajban, a növényi felvételen túl az évi 300 kg/ha műtrágyázásból eredően. A 000 parcellák talajaihoz viszonyítva 2680 kg nitrogénnel gazdagodott a talaj hektáronként. A talajvizsgálatok szerint ebből a 0-3 m-es rétegben 1200 kg/ha mennyiséget ki tudtunk mutatni NO₃-N formában, amely 45 %-nak felelt meg. A kisebb mérvű műtrágyázás kevésbé volt kimutatható talajvizsgálatokkal. Feltehető, hogy a talaj „pufferolta” ezt a kisebb N-többletet,

részben megköthette NH_4^+ -formában és beépülhetett a talaj humuszanyagaiba, a növényi gyökérmaradványokba stb. (8. táblázat).

7. táblázat A nedvesség, a $\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$, SO_4^{2-} , valamint az összes sótartalom eloszlása a 0-6 m-es rétegben (1985. 6-6 fúrás átlagai)

Mintavét. mélys.cm	H_2O %	$\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$, mg/kg					Átlag	SO_4^{2-} (KCl) mg/kg	Össz. só ‰
		000	111	222	333	Átlag			
0-20	14,6	4,6	3,5	2,5	11,3	5,5	13	0,2	
20-40	17,4	6,7	3,1	4,4	16,3	7,6	16	0,4	
40-60	16,2	3,0	3,8	9,0	32,9	12,2	34	1,0	
60-80	13,6	2,4	5,4	9,7	24,3	10,5	56	0,9	
80-100	13,3	4,0	4,2	6,1	21,6	9,0	57	0,7	
0-100	15,0	4,1	4,0	6,3	21,3	9,0	35	0,6	
100-120	13,3	3,9	4,8	18,4	29,9	14,3	59	0,6	
120-140	13,4	5,4	5,2	28,8	41,8	20,3	49	0,8	
140-160	12,6	4,8	4,2	36,4	52,5	24,5	42	1,0	
160-180	11,8	5,2	4,2	38,4	67,5	28,8	41	1,1	
180-200	12,5	3,4	9,3	37,1	73,6	30,9	45	1,3	
100-200	12,7	4,5	5,5	31,8	53,1	23,8	47	1,0	
200-220	10,6	4,2	6,8	26,1	62,9	25,0	40	1,0	
220-240	9,5	5,0	6,7	22,9	40,5	18,0	29	0,8	
240-260	8,9	2,8	5,8	16,7	22,6	12,0	22	0,5	
260-280	9,8	2,8	6,7	13,7	16,6	10,0	19	0,4	
280-300	9,4	2,9	5,7	11,2	17,4	9,3	16	0,4	
200-300	9,6	3,5	6,3	18,1	32,0	14,9	25	0,6	
300-320	9,0	3,8	5,5	8,7	16,3	8,6	16	0,5	
320-340	8,6	4,1	4,3	5,8	15,0	7,3	13	0,8	
340-360	9,0	4,1	4,0	5,4	13,7	6,8	12	0,6	
360-380	8,8	4,7	4,6	5,2	12,3	6,7	16	0,7	
380-400	8,6	4,5	4,1	5,3	8,9	5,7	16	0,5	
300-400	8,8	4,2	4,5	6,1	13,2	7,0	15	0,6	
400-420	7,7	4,1	3,6	4,9	6,4	4,8	15	0,4	
420-440	7,7	3,6	2,5	6,3	4,7	4,3	13	0,2	
440-460	7,2	5,1	3,0	4,6	4,2	4,2	13	<0,2	
460-480	6,8	4,8	4,9	5,2	4,5	4,9	13	<0,2	
480-500	5,6	5,0	4,9	5,2	4,5	4,9	12	<0,2	
400-500	7,0	4,5	3,8	5,2	4,9	4,6	13	<0,2	
500-520	5,5	5,2	4,9	5,4	5,2	5,2	14	<0,2	
520-540	4,9	5,6	3,9	6,7	5,3	5,4	14	<0,2	
540-560	4,4	3,4	4,4	5,8	6,3	5,0	12	<0,2	
560-580	4,6	4,0	3,7	3,8	5,1	4,2	11	<0,2	
580-600	3,9	3,7	3,6	4,4	5,2	4,2	12	<0,2	
500-600	4,7	4,4	4,1	5,2	5,4	4,8	13	<0,2	
a)Átlag									
0-600	9,6	4,2	4,7	12,1	21,6	10,6	25		

7. táblázat folytatása

Mintavét. mélys.cm	H ₂ O %	NO ₂ +NO ₃ -N, mg/kg					SO ₄ ²⁻ (KCl) mg/kg	Össz. só ‰
		000	111	222	333	Átlag		
		kg/ha						
0-100	15,0	57	56	88	298	125	493	0,6
100-200	12,7	63	77	445	743	333	661	1,0
200-300	9,6	49	88	253	448	209	353	0,6
300-400	8,8	59	63	85	185	98	204	0,6
400-500	7,0	63	53	73	59	64	185	0,2
500-600	4,7	62	57	73	76	67	176	<0,2
0-200	13,8	120	133	533	1041	458	1154	0,8
0-300	12,4	169	221	786	1489	667	1507	0,7
0-400	11,5	228	284	871	1674	765	1711	0,7
0-500	10,6	291	337	944	1743	829	1896	0,5
0-600	9,6	353	394	1017	1819	896	2072	0,5
b/ Többlet a kontrollhoz viszonyítva 0-600	-	-	41	664	1466	724	-	-

Megjegyzés: A SO₄, H₂O % a 4 kezelés átlagában megadva; az összes só ‰ a 333-as kezelésre vonatkozik.

Az 1985. évi N-forgalom adatai jól egyeznek az 1984. évi 3 m-es fúrás adataival. Lényegében tehát a 0-3 m-es fúrás is elegendőnek bizonyult a N-forgalom nyomon követésére. Megkíséreltük a S-forgalmat is megbecsülni, bár ez talán egy nagyságrenddel nagyobb hibával járhat. Abból indultunk ki saját analízis híján, hogy a szuperfoszfát átlagos SO₄²⁻ tartalma kb. 40 % volt. Az egyes kezelésekben 0, 1000, 2000, 3000 kg P₂O₅ kg/ha, tehát 18-19 % P₂O₅ esetén 0, 5500, 11000, 16500 kg/ha szuperfoszfátot alkalmaztunk. Kísérő ionként így megközelítően 0, 2000, 4000, 6000 kg/ha SO₄²⁻ felhasználással számolhatunk a 11, ill. 12 év alatt.

A növényi S-felvétel durva becslése az alábbiak szerint történt. Általánosan elfogadott, hogy a kén és a foszfor koncentrációja megközelítően azonos a legtöbb növényben. Saját vizsgálat híján feltételeztük, hogy növényeink átlagosan annyi ként vehettek fel, mint amekkora P-felvételük volt. A N-felvételt 100-nak véve a föld feletti összes terméssel, a foszfor felvétele elembe kifejezve 17 %-os volt. Így a 3xS≈SO₄²⁻ alapján a felvett N mintegy 50 %-ának adódott a becsült, felvett SO₄²⁻ mennyisége.

Amint a 8. táblázat adataiból kitűnik, a felvett SO₄²⁻ mennyisége 600-900 kg/ha közötti nagyságrendű lehetett a 11. év végén. A 333-as kezelésben ugyanakkor mintegy 6000 kg/ha volt a felhasználás, azaz 5000 kg/ha mennyiséget meghaladta a talajgazdagítás. A talajban 3 m-es mélységet átfogva ebből mintegy 20%-a volt kimutatható átlagosan SO₄²⁻(KCl) formában. A trágyaadaggal csökkeni látszott a KCl-oldható SO₄²⁻-frakció, amely a trágyából származott. Az 1985. évi 0-6 m-es mélységet érintő vizsgálat szerint hasonlóképpen csökkent az adaggal az e módszerrel kimutatható, talajban visszamérhető SO₄²⁻ mennyisége, bár a visszakapott %-os mennyiség átlagosan a 30% fölé emelkedte

8.táblázat A N- és SO₄²⁻ mérlegének becsült egyenlegei 1984- és 1985-ben, kg/ha

A mérleg tételei és a talajban talált	A kezelés jele 1984. augusztus (11. év végén)			
	000	111	222	333
Adott N	-	1100	2200	3300
Kivont N	1221	1646	1752	1839
Egyenleg	-1221	-546	+448	+1461
Különbség a 000-hoz	-	675	1669	2682
Talajban (0-3 m)	-	65	602	1203
Talajban (0-6 m)	-	-	-	-
Talajban %	-	10	36	45
Adott SO ₄ ²⁻	-	200	4000	6000
Kivont SO ₄ ²⁻	610	823	876	920
Egyenleg	-610	+1177	+3124	+5080
Különbség a 000-hoz	-	1787	3734	5690
Talajban (0-3 m)	-	525	757	950
Talajban (0-6 m)	-	-	-	-
A mérleg tételei és a talajban talált	A kezelés jele 1985. augusztus (12. év végén)			
	000	111	222	333
Adott N	-	1200	2400	3600
Kivont N	1318	1804	1941	2043
Egyenleg	-1318	-604	+459	+1557
Különbség a 000-hoz	-	714	1777	2875
Talajban (0-3 m)	-	-	-	-
Talajban (0-6 m)	-	41	664	1466
Talajban %	-	6	37	51
Adott SO ₄ ²⁻	-	2000	4000	6000
Kivont SO ₄ ²⁻	659	902	970	1022
Egyenleg	-659	+1098	+3030	+4978
Különbség a 000-hoz	-	1757	3689	5637
Talajban (0-3 m)	-	-	-	-
Talajban (0-6 m)	-	663	1410	1419

Összefoglalás

1. A talaj nedvességtartalma a vizsgált 3, illetve 6 m mélységig a beázás függvényeként a szántott rétegben mért 14-17 %-ról fokozatosan csökkent 4-5 %-ra az 5-6 m mélységben.
2. A NO₃-N felhalmozódási maximuma a 60-200 cm-es rétegben volt az intenzíven műtrágyázott kezelésekből és a görbék szignifikánsan eltértek. Az évi 300 kg N/ha kezelésben a 0-1 m-es réteg NO₃-N készlete 455, az 1-2 m-es rétege 600, míg a 0-3 m-es rétege az 1300 kg N/ha mennyiséget is meghaladta, tízszerese volt a kontrollnak.

3. A kontroll és az évi 100 kg N/ha adagú kezelések talajaiban a mélyebb rétegek NO₃-N feldúsulása, bemosódás nem figyelhető meg. Csak a növény által fel nem vett műtrágya-N-t, a túltrágyázás által okozott N-többletet fenyegetheti a kilúgzás veszélye.
4. A mozgékony SO₄²⁻(KCl) felhalmozódási maximumát szintén a 60-200 cm-es rétegben találtuk, a NO₃-N profilhoz hasonlóan. A 11 év alatt felhasznált 10-15 t/ha szuperfoszfát műtrágyázás hatására a 0-3 m-es réteg SO₄²⁻(KCl) készlete a kontrollhoz viszonyítva 2-2,5-szeresére, 700 kg/ha-ról 1500-1600 kg/ha-ra emelkedett)
5. A kísérlet 12. évében a NO₃-N bemosódási, felhalmozódási zónája elérte a 3,5-4 m mélységet. Ez megfelelne évi 20-30 cm lefelé irányuló mozgásnak. További mérések szükségesegek a mozgás sebességének és hatásának megismerésére.
6. Az „összes só” mérés adatai az erős túltrágyázás hatását nyomon követték a 0-440 cm rétegben, utalva a műtrágyák tápelemeinek és egyéb kísérő ionjainak mozgására. Korábbi vizsgálatainkból arra következtethetünk, hogy az elektrolitok a NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻ anionok, valamint a Na⁺, K⁺, Ca²⁺ kationok jelenlétére utalnak elsősorban (Kádár *et al.* 1976).
7. A N-mérleg adatai szerint a N-trágyázott parcellák éves N-felvétele 150-160 kg N/ha volt. A növények által felvett N-mennyiséget meghaladó nitrogénnek 30-50 %-a volt kimutatható a talajban NO₃-N formában. A túltrágyázás mértékével a talajban kimutatott nitrogén részaránya nőtt. Ugyanakkor a növények által fel nem vett SO₄²⁻ mennyiségének 20-40 %-a volt csak megtalálható a talajban SO₄²⁻(KCl) formában és az adaggal a talajban kimutatott SO₄²⁻ részaránya csökkenni látszott.
8. Minden olyan eljárás, amely növelheti a nitrogén növény általi hasznosulását, hatékony eszköz lehet a talajvizek NO₃-szennyeződése ellen. A gyakorlati trágyázási szaktanácsadás során a terezett termés N-igényének, valamint a talaj NO₃-N készletének ismeretében elkerülhető a túltrágyázás.

1990. évi eredményeink (17.év)

A közelmúltban végzett hazai vizsgálatok is igazolták, hogy talajaink nitrát terhelése az 1980-as években megnőtt. Nyíri és Karuczka (1989) szerint a N kilúgzás a felhasznált műtrágya-N 30-90 %-át is elérheti meliorált területeinken sekély drénviszonyok esetén. Rézhegyi és Heltai (1984) 1 m mélységnél 36-67 %, míg 1.5 m mélységben mindössze 10 % műtrágya-N kimosódást észlelt. Tóth (1984) Ny-Magyarországon a drénvizekkel 25-30 kg/ha, a felületi vízzel 26-34 kg/ha veszteséget regisztrált. Hasonló eredményeket közölt Juhász (1991), valamint Blaskó és Juhász (1991) is.

Lendvai és Avas (1983) a Zala vízgyűjtőjén azt találta, hogy a műtrágya-N 19-22 %-a kerülhet a talajvizekbe nitrát formájában. Thyll (1984) a talajcsövezett területek műtrágyázási gyakorlatának felülvizsgálatát sürgette, mert a szolonyeces réti talajon a drénvíz NO₃-N koncentrációja 40-400 mg/kg közötti értékeket mutatott. A műtrágyázás, beleértve a N-trágyákat, hazánkban töredékére esett vissza napjainkra. A N terhelés ezen oka tehát globálisan megszűnhet, de már a talaj mélyebb rétegeibe került és a gyökerek által el nem érhető N a talajban tovább mozoghat a talajvíz felé.

9. táblázat A NO₃-N bemosódásának vizsgálata a kísérletben, mg/kg 1990

Mintavétel mélysége, cm	Évente adott N, kg/ha				Átlag 150 kg N/ha
	0	100	200	300	
0 – 20	3,3	6,5	10,7	20,8	10,3
20 – 40	3,0	14,3	45,0	66,5	32,2
40 – 60	4,4	14,5	45,8	66,0	32,7
60 – 80	2,3	9,1	35,9	76,0	30,8
80 – 100	2,1	13,2	33,5	82,0	32,7
100 – 120	1,9	8,8	13,2	40,7	16,2
120 – 140	1,0	6,0	10,4	33,6	12,8
140 – 160	1,9	5,9	9,8	31,9	12,4
160 – 180	2,1	6,8	26,0	31,2	14,0
180 – 200	3,1	7,6	13,4	37,8	15,5
200 – 220	2,3	8,0	15,2	38,2	15,9
220 – 240	2,8	9,4	18,4	42,6	18,3
240 – 260	3,4	8,8	22,6	44,8	19,9
260 – 280	3,5	8,7	27,4	42,5	20,5
280 – 300	2,7	9,0	30,3	42,9	21,2
300 – 320	2,5	8,6	28,8	32,2	18,0
320 – 340	3,0	6,9	33,2	32,2	18,8
340 – 360	3,1	7,2	28,7	30,7	17,4
360 – 380	4,6	6,2	26,7	25,0	15,6
380 – 400	2,9	5,8	25,5	24,4	14,6
400 – 420	2,8	5,6	21,6	24,4	13,6
420 – 440	2,6	6,4	21,6	25,2	14,0
440 – 460	2,3	5,7	19,0	25,2	13,0
460 – 480	2,5	5,8	16,8	22,0	11,8
480 – 500	2,4	5,4	12,0	20,0	10,0
500 – 520	4,4	6,3	11,2	20,8	10,7
520 – 540	4,0	5,5	10,1	15,2	8,7
540 – 560	5,4	5,6	8,3	10,8	7,5
560 – 580	5,2	5,2	6,6	10,5	6,9
580 – 600	3,4	4,2	6,6	8,2	5,6
Átlag	3,0	7,6	20,8	34,1	16,4

A mélyfúrás NO₃-N koncentrációit a 4 N-szint függvényében a 9. táblázat ismerteti. A kontroll talajon N-trágyázás nem folyt, viszont 1557 kg N/ha N-felvétel történt a 17 év alatt. Az évi 100 kg N/ha kezelés mérlege is negatív volt. E két kezelésben az 1 m mélységet meghaladó érdemi NO₃-N feldúsulás alig figyelhető meg. Az elmúlt 5 évben termesztett növények közül az olajlen, a szója és a borsó

kis terméseivel még a 100 kg N/ha adagot sem hasznosította, így a felső 1 m réteg nitrát tartalma érezhetően megemelkedett e kezelésekben.

A legtöbb szántóföldi növény a felső 1 m réteg víz- és tápanyagkészletét hasznosítja alapvetően. A tartós, évi 300 kg N/ha kezelésben a $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációja több mint 20-szorosára emelkedett átlagosan a kontrollhoz képest. Mindez meghaladja a növény élettani igényeit. A N feleslege nem válhat tápanyaggá, lassan lefelé mozog a többi kilúgzódó elemmel (mint pl. a Ca, Na, Cl stb.). Még 5 évvel ezelőtt a bemosódás mélysége a 4 m mélységet alig érte el, 1990-ben már az 5-6 m rétegben is észlelhető. A korábban 2 m körül mért bemosódási maximum most ellaposodva 3 m körül jelentkezik.

A 10. táblázatban a műtrágyával talajba adott, valamint a növények által kivont tápelem mennyiségéből becsültük a talajban maradt egyenlegeket. Az egyes kezelések N-állapotában jelentős különbségek adódtak a mérleg szerint, melyet összevetettünk a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ formában kimutatott mennyiségével. Szabadföldi viszonyok között a műtrágya-N egy részét hasznosíthatják közvetlenül a növények, egy adott évben. A N másik része bizonyos átalakulásokon megy végbe a talajban. Így pl. az $\text{NH}_4\text{-N}$ a talajkolloidokon és a kristályrácsokon átmenetileg megkötődhet, mikrobiális beépülés történik, denitrifikációval a levegőbe távozhat stb. Másrésről az atmoszféra N-forrásul is szolgál.

A jól szellőzött talajokon a denitrifikáció nem számottevő és hosszabb időszakot tekintve a legfontosabb N-fogyasztó a növényi felvétel, valamint a kilúgzás. Mérleg-számításainkban feltesszük, hogy a felvétel a műtrágya-N rovására ment végbe. Amennyiben ilyen N-forrás nem volt ill. nem fedezte a felvételt (negatív mérlegű parcellákon), úgy a talaj eredeti N-készlete csökkent. Hasonlóképpen a talaj N-készletének nőni kell, amennyiben a mérleg jelentősebb pozitívumot mutat.

Amint a 10. táblázat adataiból kitűnik, a N-mérleg számítások szerint a kontroll talaj mintegy 1500 kg N/ha mennyiséggel szegényedett, míg a 300 kg/ha/év kezelésben 2600 kg/ha N mennyiséggel gazdagodott a 17 év alatt. A különbség a két parcella N állapotában 4200 kg N/ha körüli. Ennek megfelelően alakult a talajrétegek nitrát koncentrációja, mely a túltrágyázott kezelésben 10-20-szorosan haladja meg a kontroll talajét, legalábbis a felső 5 m rétegben.

Talajunk térfogatsúlyát 1,4 érékkel alapul véve a 20 cm réteg 1 mg/kg $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége 2,8 kg/ha értéket jelenthet. Az 1 m talajrétegek mg/kg értékei tehát 14 kg/ha-nak felelnek meg e számítás szerint. A kontroll talajon 42, míg az évi 300 kg N/ha kezelésben 872 kg/ha $\text{NO}_3\text{-N}$ készletet találunk. A vizsgált 6 m talajréteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 254, illetve 2867 kg/ha-nak adódott a két extrém kezelésben. A túltrágyázott talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete az 1 m réteget tekintve 5, a 6 m réteget tekintve mintegy 20 év átlagos, 150 kg/ha/év körüli trágyaigényét fedezhetné.

A N-mérleg számított különbsége kerekén 4200 kg/ha volt és $\text{NO}_3\text{-N}$ formában a talajvizsgálatok 2600 kg/ha különbséget mutattak ki a talajban. Tehát 63 %-ot. A kisebb mérvű túltrágyázás esetén ez a kimutathatóság csökken. Feltehető, hogy a talaj a mérsékelt N-túlsúlyt még pufferozta, megköthette NH_4 -formában, beépülhetett a talaj humuszanyagaiba, a növényi gyökérmaradványokba stb.

10. táblázat A kísérlet N-mérlegének becsült egyenlegei, 1990

Mérleg tételei	Évente adott N kg/ha				Átlagosan 150 kg N/ha
	0	100	200	300	
	kg/ha				
Adott N	-	1700	3400	5100	2550
Felvett N	1557	2177	2301	2476	2128
Egyenleg	-1557	-477	1099	2623	422
Különbség	-	1080	2656	4180	-
	Talajban talált NO ₃ -N, mg/kg				
0-1 m	3,0	11,5	34,2	62,3	27,7
1-2 m	2,0	7,0	12,6	35,0	14,2
2-3 m	2,9	8,8	22,8	42,1	19,2
3-4 m	3,2	6,9	28,6	28,9	16,9
4-5 m	2,5	5,8	18,2	23,4	12,5
5-6 m	4,5	5,4	8,6	13,1	7,9
Összesen 6 m	3,0	7,6	20,8	34,1	16,4
	Talajban talált NO ₃ -N, kg/ha (1 mg/kg = 14 kg/m)				
0-1	42	161	479	872	388
1-2	28	98	176	490	198
2-3	41	123	319	589	268
3-4	45	97	400	405	237
4-5	35	81	255	328	175
5-6	63	76	120	183	110
Összesen 6 m	254	636	1749	2867	1376
Különbség	-	382	1495	2613	-
Adott N %-ában	-	22	44	51	-
Egyenleg eltérés, %	-	35	56	63	-

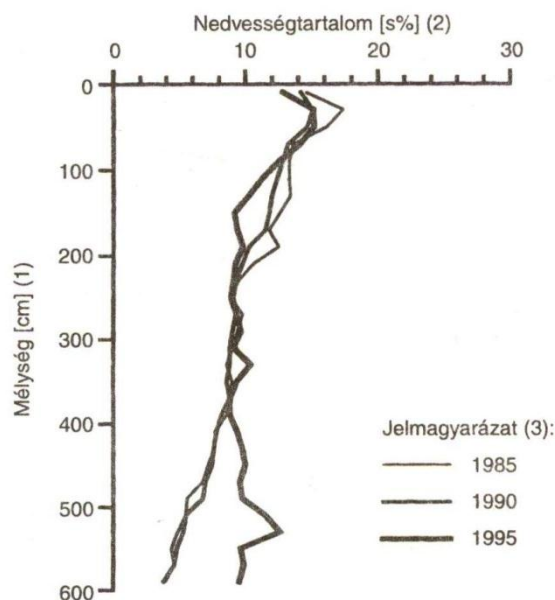
Összefoglalás

1. A növényi felvételt meghaladó műtrágya-N 35-63%-a volt kimutatható a talajban NO₃-N formájában. A túltrágyázás mértékével nőtt a talajban talált N aránya. A negatív N mérleggel rendelkező parcellákon az 1 m mélységet meghaladóan érdemi bemosódás alig történt.
2. A NO₃-N bemosódás maximuma a felső 1 m rétegben található. Öt évvel korábban ez a határ 3,5-4 m mélységben volt, tehát a bemosódás sebessége megfelelhet 20-30 cm/év sebességnek. Amennyiben ez a lefelé történő mozgás fennmarad, a nitrát újabb 20-30 év elteltével érheti el a talajvízszintet, mely 13-15 m mélységben található.
3. A kontroll talajon 42, míg az évi 300 kg N/ha kezelésben 872 kg/ha NO₃-N készletet találtunk a felső 1 m rétegben, mely mintegy 5 év átlagos búza termésének N-igényét fedezheti. Az 1 m alatti rétegek 2000 kg N/ha NO₃-N készlete már nem tekinthető tápanyagnak a maximális N-adagú parcellákon. Ez a N a talajt, illetve 2-3 évtized múltán a talajvizet szennyezheti.
4. A talaj felvehető N-készletének, valamint a növény N-igényének ismeretében a túltrágyázás elkerülhető. A talaj és a talajvizet nitrát szennyezése nem szükségeszerű velejárója a műtrágyázásnak.

Az 1995. évi eredményeink (22.év)

A talaj mintázott (0-6 m-es) rétegében mért nedvességtartalom alakulását az 2. ábrán mutatjuk be. 1985 és 1990 között a talajréteg nedvességtartalma csak kismértékben változott, illetve a felső 2 m-es talajrétegben kissé csökkent. Az 1990 és 1995 között eltelt időszakban a talajszelvény 100 és 200 cm közötti rétegében további csökkenést mértünk, ugyanakkor 3 m alatt a nedvességtartalom a mintázott mélységig (az előző két mintavétel közel azonos értékéhez képest) jelentősen nőtt. A kísérleti terület csapadékvizszoenyait az 11. táblázat tartalmazza

2.ábra. A nedvességtartalom mélységi eloszlása 1985, 1990 és 1995-ben (s %)



11.táblázat A csapadék átlagos éves, tenyészidő alatti és IV. negyedévi mennyisége

Csapadék megoszlása	Ötvenéves átlag	1981-85 között	1986-90 között	1991-95 között
Éves átlagok	541	523	505	466
Tenyészidő alatti	388	403	386	339
IV. negyedévben	138	137	97	159

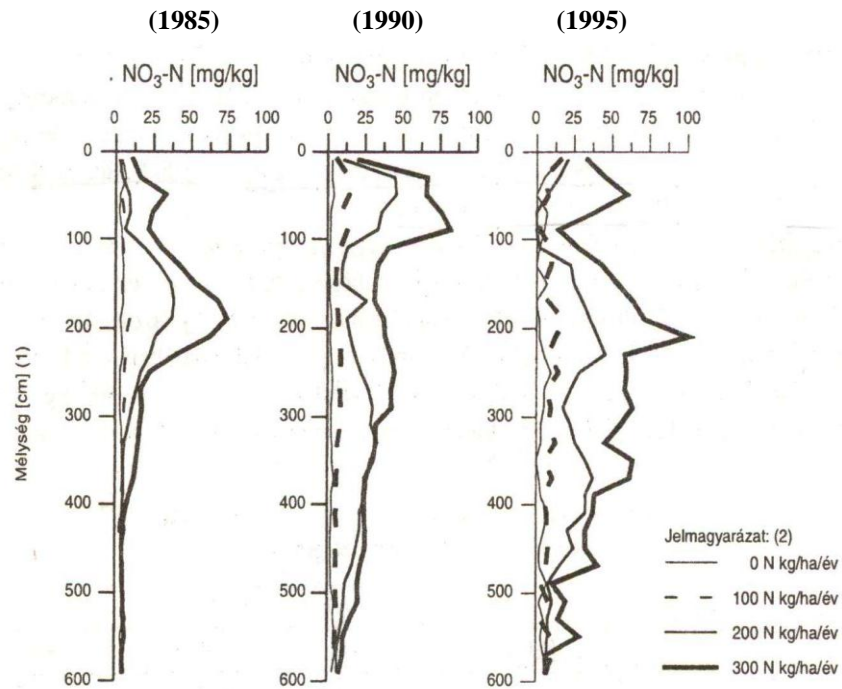
A mintázott parcellák 0-6 m-es talajszelvényében 1995-ben 20 cm-es rétegenként mért nitrát-N koncentrációértékeket a nitrogénszintek függvényében mutatjuk be a 12. táblázatban. A kontroll parcellákon a kísérlet 22 éve alatt nitrogéntrágyázás nem volt, a természetű növények 2003 kg nitrogént vontak ki a talajból.

12.táblázat A NO₃-N (mg/kg) bemosódásának vizsgálata a kísérlet 22. évében

A mintavétel mélysége (cm)	A kezelés jele			
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃
0-20	14,7	16,3	21,3	34,3
20-40	4,9	4,9	14,7	45,7
40-60	0,0	8,2	6,5	60,4
60-80	6,5	1,6	0,0	39,2
80-100	4,9	1,6	0,0	14,7
100-120	1,6	9,8	1,6	27,8
120-140	0,0	9,8	22,9	44,1
140-160	6,5	4,9	24,5	53,9
160-180	0,0	8,2	31,0	63,7
180-200	1,6	18,0	36,0	71,9
200-220	1,6	13,1	40,8	101,3
220-240	4,9	8,2	45,7	58,8
240-260	9,8	14,7	29,4	60,4
260-280	4,9	6,5	22,9	58,8
280-300	4,9	9,8	18,0	63,7
300-320	3,3	8,2	22,9	55,5
320-340	3,3	13,1	26,2	45,8
340-360	0,0	4,9	32,7	63,7
360-380	1,6	11,4	37,6	62,1
380-400	3,3	4,9	32,7	39,2
400-420	8,2	6,5	32,6	37,6
420-440	4,9	6,5	21,2	32,7
440-460	1,6	8,2	24,5	32,7
460-480	1,6	6,5	16,3	40,8
480-500	6,5	3,3	8,2	11,4
500-520	1,6	8,2	11,4	19,6
520-540	4,9	3,3	8,2	14,7
540-560	3,3	9,8	8,2	29,4
560-580	4,9	11,4	6,5	6,5
580-600	4,9	6,5	6,5	6,5
Talajban talált NO ₃ -N (mg/kg)				
0-1m	6,2	6,5	8,5	38,9
1-2 m	2,0	10,1	23,2	52,3
2-3 m	5,2	10,4	31,4	68,6
3-4 m	2,3	8,5	30,4	53,3
4-5 m	4,6	6,2	20,6	31,0
5-6 m	3,9	7,8	8,2	15,4
Átlag (0-6 m)	4,0	8,3	20,4	43,2

Az évenkénti 100 kg N/ha-os kezelésekben a 2200 kg trágyaként kijuttatott nitrogénnel szemben a növények 3140 kg nitrogént vettek fel, a nitrogénmérleg tehát itt is negatív. E két kezelésben érdemi nitrát-N felhalmozódás a

talajszelvényben nem volt. Ugyanakkor megállapítható, hogy míg a kísérlet első 12 évében a két kezelés közötti nitrát-N különbség a 0-6 m-es talajréteg átlagában 0,5 mg/kg volt, addig – elsősorban a kisebb N-felvételű növények természetbe vonása következtében – ez a különbség a 17. évre 2,14 mg/kg-ra, majd a 22. évre 4,24 mg/kg-ra nőtt.



3.ábra. A $\text{NO}_3\text{-N}$ mélyégi eloszlása 1985-ben, 1990-ben és 1995-ben (mg/kg)

A nagyobb N-adagok jelentős nitrát-N felhalmozódást eredményeztek. Így pl. a 200 kg N/ha/év terhelés hatására 12 év után 12 mg/kg 17 év után 18 mg/kg, majd 22 év után 20 mg/kg volt a parcellák felső 600 cm-es talajrétegének átlagos nitrát-N tartalma. A 300 kg N/ha/év kezeléseknél rendre 22, 35, illetve 43 mg/kg volt ez az érték. Különbségeket nemcsak a kezelések talajszelvényeiben mért nitrát-N változásában, hanem a mintavételek időpontjában, a nitrátfelhalmozódási görbék lefutása között is tapasztaltunk (3. ábra). Az évenkénti 100 kg N/ha-os kezeléseknél a 2200 kg trágyaként kijuttatott nitrogénnel szemben a növények 3140 kg nitrogént vettek fel, a nitrogénmérleg tehát itt is negatív. E két kezelésben érdemi nitrát-N felhalmozódás a talajszelvényben nem volt. Ugyanakkor megállapítható, hogy míg a kísérlet első 12 évében a két kezelés közötti nitrát-N különbség a 0-6 m-es talajréteg átlagában 0,5 mg/kg volt, addig – elsősorban a kisebb N-felvételű növények természetbe vonása következtében – ez a különbség a 17. évre 2,14 mg/kg-ra, majd a 22. évre 4,24 mg/kg-ra nőtt.

Az 1985-re és 1990-re kapott nitrát-N felhalmozódási görbéket korábban már értékeltük (Kádár és Németh 1993, Németh et al. 1987-1988, Németh 1996a). A

görbék 1995-ben észlelt lefutása azt mutatja, hogy hasonlóan az 1985-ös évhez, a jelentősen túltrágyázott (300 kg N/ha/év) kezelések felső 1 m-es és 150-250 cm-es talajrétegeiben van számottevő nitrát-N felhalmozódás. Az 1990-ben tapasztaltakhoz hasonlóan a túltrágyázás hatása a szelvény teljes mélységében kimutatható. Ha a mélyebb talajrétegekben mért nitrát-N koncentráció változásokat elemezzük az eltelt időszak alatt (13. táblázat), akkor azt láthatjuk, hogy az elmúlt tíz évben a koncentráció szignifikánsan növekedett.

A kísérlet mintázott parcelláinak talaj- és növényvizsgálati eredményei alapján számított nitrogénmérlegek – mindhárom mintavételi évben – azt mutatták, hogy kísérleti körülményeink között a 100 kg N/ha/év adagban trágyázott parcellák N-mérlege még negatív. A két nagyobb adagban trágyázott parcellán a kijuttatott nitrogén mennyisége már meghaladta a természetett növények igényét, a mérlegek pozitívak. A 22 év átlagára vetítve az évi 200 kg/ha-os N-trágyázás kereken évi 50 kg, míg a 300 kg/ha/év N-trágyázás évi 143 kg N-többletet okozott (14. táblázat).

13. táblázat Nitrát-N koncentráció a mélyebb talajrétegekben, (mg/kg)

Kezelések (kg N/ha/év)	4-5 m között			5-6 m között		
	1985	1990	1995	1985	1990	1995
Kontroll	4,5	2,5	4,6	4,4	4,5	3,9
100	3,8	4,3	6,2	4,1	4,5	7,8
200	5,2	8,9	20,6	5,2	4,4	8,2
300	4,9	11,6	31,0	5,4	8,9	15,4

1 m-es talajréteg átlagában

Az eltelt 22 év alatt különböző növények ásványi táplálkozását követtük nyomon a kísérletben. A növények nitrogénfelvétele is különböző volt, mely a felvett nitrogén mennyiségében, illetve a nitrogénmérlegek alakulásában is szerepet játszott. Az első 12 év után az évenként 200 kg/ha adagban N-trágyázott parcellák talajában – a kontrollban mérthez képest 55-75 kg/ha/év nitrát-N növekedést mutattunk ki. A 300 kg N/ha/év kezelésben rendre 122, 159 és 150 kg/ha év növekedésnek adódott. Korábbi közleményünkben (*Kádár és Németh 1993*) beszámoltunk arról, hogy a 12. és 17. év között viszonylag kis nitrogénfelvételű növényeket vizsgáltunk a kísérletben (sorrendben sörárpa, olajlen, szója, rostkender és borsó), és ennek hatása mind a nagy N-adagú kezelések mérlegében, mind a talaj nitrát-N tartalmában jelentkezett. A 17. és a 22. év között összességében ismét nagyobb N-felvételű növények vizsgálatára került sor, így ebben az időszakban a mérlegek kevésbé pozitívak, és az évenkénti nitrát-N felhalmozódás mértéke is csökkent. A 200 kg/ha/év kezelésben 75 kg-ról 62 kg-ra, a 300 kg/ha/év kezelésben 159 kg-ról 150 kg-ra. Természetesen az egyensúlyi mérleghez közelebbi kezelésben (200 kg/ha/év) jobban, mint a jelentősen túltrágyázott kezelésben (300 kg/ha/év). A bemutatott adatokból megállapítható, hogy a természetett növények igényéhez igazodó, a környezeti feltételeknek és a termőhely adottságainak megfelelő nitrogéntrágyázás nem terheli az elviselhetőnél nagyobb mértékben a környezetet. A kutatási eredményeink alapján fejlesztett N-trágyázási szaktanácsadási rendszert az elmúlt tíz évben a gyakorlatban is alkalmazzák (*Horváth et al. 1999, Pálmai et al. 1998a*,

b). Az 1995-1999 közötti öt évben pl. a 0-60 cm-es talajrétegben mért nitrát-N tartalom alapján, évenként 7 000-10 000 ha mintázott terület átlagában. A termesztett növények N-igényét figyelembe véve 90 kg N/ha volt a kiszórásra javasolt nitrogén átlagosa mennyisége. Amint láttuk, kísérletünkben hasonló adag még negatív N-mérleget adott.

14.táblázat A kísérlet N-mérlegének becsült egyenlegei (kg/ha)

A mérleg tétélei	A kezelés jele			
	N ₀ P ₀ K ₀	N ₁ P ₁ K ₁	N ₂ P ₂ K ₂	N ₃ P ₃ K ₃
	1985. július (a 12. év végén)			
Adott N	-	1200	2400	3600
Kivont N	1318	1804	1941	2043
Egyenleg	-1318	-604	459	1557
Különbség a kontrollhoz	-	714	1777	2875
Talajban (0-6 m)*	-	41	664	1466
Talajban (%)**	-	6	37	51
	1990. július (a 17. év végén)			
Adott N	-	1700	3400	5100
Kivont N	1557	2461	2661	2737
Egyenleg	-1557	-761	739	2363
Különbség a kontrollhoz	-	796	2297	3921
Talajban (0-6 m)*	-	179	1281	2698
Talajban (%)**	-	23	56	69
	1995. augusztus (a 22. év végén)			
Adott N	-	2200	4400	6600
Kivont N	2003	3140	3311	3462
Egyenleg	-2003	-940	1089	3139
Különbség a kontrollhoz	-	1063	3092	5142
Talajban (0-6 m)*	-	357	1373	3293
Különbség %-ban	-	34	44	64

*a talajban nitrát-N formában talált N mennyisége (különbség a kontrollhoz)

Összefoglaló

A nagyobb nitrogéntrágya-adagok alkalmazását követően nitrát-N felhalmozódást mutattunk ki a mintázott talajrétegben 200 kg N/ha/év adagolást követően az első mintavételkor 12 mg/kg, 17 év után 18 mg/kg, majd 22 év után 20 mg/kg volt e parcellák felső 600 cm-es talajrétegének átlagos nitrát-N tartalma. A 300 kg N/ha/év kezelésekből rendre 21, 35, majd 43,2 mg/kg volt a nitrát-N készlet. Különbségeket nemcsak a trágyázási kezelések talajszelvényeiben mért átlag nitrát-N értékek változásában hanem a mintavételek időpontjában, a nitrát-felhalmozódási görbék lefutása között is tapasztaltunk. A talaj ásványi-N készletének, valamint a termesztett növény N-igényének ismeretében a túltrágyázás elkerülhető. Csak a növény által fel nem vett, nem hasznosított N-t veszélyeztetni a kimosódás.

IV. Summary

I. KÁDÁR – T. NÉMETH – Á. RÉTI – L. RADICS (2001): Mineral fertilisation of winter rape (*Brassica napus L.*) on calcareous chernozem soil. I. Summary

The effect of various levels of NPK supplies and their combinations on the development, yield and yield components of winter rape (cv. *Yet Neuf*) was examined in the 11th year of a long-term mineral fertilisation experiment set up on calcareous loamy chernozem soil. The ploughed layer of soil at the growing site contained approx. 3% humus, 5% CaCO₃, and 20% clay, and was poorly supplied with P and Zn and moderately well with N and K. The experiments involved 4Nx4Px4K= 64 treatments in 2 replications, giving a total of 128 plots. The mineral fertiliser was applied in the form 25% calcium ammonium nitrate, 18% superphosphate and 50% potassium chloride. The groundwater was at a depth of 13-15 m, making the area drought-sensitive. The major results were as follows:

- As the result of the annual application of 0, 100, 200 and 300 kg/ha N the NO₃-N reserves in the 0-60 cm soil layer amounted to 66, 123, 204 and 303 kg/ha, respectively, in spring. The application of 0, 1000, 2000 and 3000 kg/ha P₂O₅ and K₂O over the 11 years raised the ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ content of the ploughed layer from 76 to 470 mg/kg and that of K₂O from 130 to 263 mg/kg.
- As the result of improved PxK supplies the mean leaf number per plant in autumn (on Nov. 25th) increased from 3.2 to 5.1, while the percentage of the soil covered by winter rape rose from 31 to 65%. Although the development of the winter rape accelerated due to improved P supplies, the dry autumn prevented the stand from attaining the desirable 6-8-leaf stage. In spring the mean weed cover was less than 5%. As the result of satisfactory PK supplies the weed cover decreased from 7% on the control soil to 4%, while the mean number of weed species dropped from 7 to 4. Satisfactory nutrient supplies improved the weed-suppressing capacity of the winter rape. Significant N effects could not be demonstrated in the autumn/spring rosette stage even on soil which had not been fertilised for 11 years.
- By the beginning of ripening the K effects disappeared on this deep-layered soil. Moderate P effects were recorded, while the effect of NxP supplies became pronounced. With increasing rates of N and P there was a 30-40% reduction in the plant density, while the number of branches per plant doubled and the number of pods per plant rose by 2-2.5 times. The mean height of the plants surpassed that of unfertilised plants by 25-30%. As the result of N fertilisation the moisture content of winter rape organs rose significantly and the plants matured somewhat later.
- Depending on the NPK supplies of the soil the following minimum and maximum yields were recorded in the experiment: on Apr. 17th, 2-17 t/ha (fresh) and 0.2-1.6 t/ha (air-dry); at flowering 12-62 t/ha (fresh) and 1.6-7.6 t/ha (air-dry), at the beginning of ripening 20-55 t/ha (fresh) and 5.6-18.6 t/ha (air-dry), at complete ripening 5.7-10.5 t/ha straw and 0.7-1.8 t/ha seed (air-dry). The various treatments thus led to 8 x differences in the rosette stage, 5 x at flowering, 3 x the beginning of

ripening and 2 x at full maturity (seed, straw) between the unfertilised and optimum NPK treatments.

- The optimum PK supplies to winter rape can be achieved on this soil with 150-200 mg/kg ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and K₂O, combined with annual applications of around 100 kg/ha N, or NO₃-N reserves of 100-150 kg/ha in the 0-60 cm soil layer prior to sowing or in spring. These data could serve as guidelines for the Hungarian extension service.

Table 1. Fertilisers applied and the available nutrient reserves of the soil, Mar. 28th 1984. (1) Fertilisation, sampling, (2) Fertilisation levels 1973-1984, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) kg/ha/year, (6) kg/ha/11 years, (7) KCl-exchangeable NH₄-N mg/kg (at the N levels), (8) KCl-soluble NO₃-N mg/kg (at the N levels), (9) NO₃-N kg/ha (at the N levels), (10) AL-soluble P₂O₅ mg/kg (at the P levels), (11) AL-soluble K₂O mg/kg (at the K levels).

Table 2. Effect of PxK supplies on the development of winter rape, Nov. 25th 1983. (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Scoring for development, (5) Plant density, No. of plants/running metre, (6) No. of leaves per plant, (7) Rape/coleseed cover, (8) Scores: 1 – poorly developed with tiny leaves, 5- well developed with large leaves, (9) Stands were scored by Ágnes Réti (Research Institute of the Vegetable Oil and Detergent Company).

Table 3. Effect of PxK supplies on the plant covers, Mar. 27th 1984. (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) % winter rape cover, (5) % weed cover, (6) No. of weed species, (7) % Reseda lutea, (8) Diplotaxis muralis, (9) Other weed species occurring: Sisymbrium Sophia, Chenopodium album, C. hybridum, Bilderdylhia convolvulus, Camelina microcarpa, Convolvulus arvensis, Stachy annua.

Table 4. Effect of NxP supplies on winter rape at the beginning of ripening, Jul 3rd 1984. (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Aboveground green mass kg/running metre, (6) Plant number/running metre, (7) No. of branches/plant, (8) No. of pods/plant, (8) No. of pods/plant, (9) Plant height cm, (10) Running metres = 11 m².

Table 5. Effect of NxP supplies on the air-dry yield of winter rape organs 1984. (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots at the rosette stage on Apr. 17th t/ha, (6) Shoots at flowering on May 15th t/ha, (7) Shoots at the beginning of ripening on Jul. 3rd t/ha, (8) Straw at full maturity on Jul. 23rd t/ha, (9) Seeds at full maturity on Jul. 23rd t/ha, (10) K effect averaged 25% on Apr. 17th and 8% on May 15th. Minimum and maximum yields in the experiment: on Apr. 17th 2-17 t/ha (fresh) and 0.2-1.6 t/ha (air-dry); at flowering 12-62 t/ha (fresh) and 1.6-7.6 t/ha (air-dry), at the beginning of ripening 20-55 t/ha (fresh) and 5.6-18.6 t/ha (air-dry).

Table 6. Effect of NxP supplies on the air-dry yield of winter rape organs. (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Roots at flowering on May 15th t/ha, (6) Leaves on May 18th g/48 leaves, (7) Roots at full maturity on Jul. 23rd t/ha, (8) Total yield on Jul. 23rd (seed+straw+roots) t/ha, (9) Mean K effect 20%.

Table 7. Effect of N supplies on the percentage moisture content of winter rape 1984. (1) Plant organs, (2) N fertilisation kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Leaf, (7) Straw, (9) Root, (10) 1- on Apr. 17th (rosette), 2- on May 15th

(flowering), 3- on May 18th (curling), 4- on Jul. 23rd (beginning of ripening), 5- on Jul. 23rd (full maturity).

I.KÁDÁR (2002): Estimation of the nutrient status of rape (*Brassica napus* L.) by means of plant analysis. Summary.

– Satisfactory N supplies are indicated by a 4–5% N content in the rosette-stage shoot or in fully developed leaves at the beginning of flowering, in agreement with the optimum values given in the literature. With an improvement in the N supplies there was also an increase in the cation content (Ca, Mg, Na) of the plant organs.

– The NO₃-N content of the rosette-stage shoot changes by an order of magnitude as a function of the supplies and is excellently suited for diagnostic purposes. The optimum range of N supplies is indicated by 5–10 mg/g (i.e. an NO₃-N concentration of 5–10 ‰ in the dry matter). The ratio of NO₃-N in plant N content increased from 4 to 20% with extreme N supply as compared to the control.

– Satisfactory P supplies for rape are reflected by 0.6–0.7% P contents in the rosette-stage shoot or 0.4–0.5% in the leaves at flowering. Improved P supplies led to a significant increase in the Na concentration and a reduction in the Zn and Cu concentrations in the plant organs. The P-Zn antagonism may lead to latent Zn deficiency on soils with good P supplies, according to the limit values in the literature.

– Some of the nutrient ratios fluctuated between wide limits, providing a sensitive reflection of the balanced nature and quality of plant nutrition. This could serve to make the extension service recommendations more reliable. In the case of N/P, which is the most important ratio, a value of 8–10 in the rosette-stage shoot or 10–12 in the leaves at flowering could be a satisfactory guideline. In agreement with data in the literature, values ranging from 50–150 could be optimum for the P/Zn ratio, both in the rosette-stage shoot and in the leaves at flowering.

– A common optimum cannot be given for the P/Cu ratio, since in the leaves at flowering this ratio is reduced to approximately a third of that measured in the rosette-stage shoot. Guidelines could be 500–1500 in the leaves and 2000–3000 in the shoot, but the present experiments were not suitable for the accurate determination of the optimum P/Cu ratio.

– The optimum N/K ratio for balanced N and K supplies can be estimated as 0.8–1.2 in the rosette-stage shoot and 1.2–1.6 in the leaves at flowering. The optimum K/P ratio was around 6–8 in all the aboveground vegetative plant organs.

– In spring the tested soil needed to have NO₃-N reserves amounting to 100–150 kg/ha if the rosette-stage shoot was to have a N content of around 5%, to ensure maximum seed yields. A linear negative correlation was found between the N% of rosette-stage shoot and the oil content of the seed yield. An excess of N enhances the protein content at the expense of the oil yield. Early plant analysis can be used to predict quality.

– On this soil the optimum PK supply for rape is 150–200 mg/kg AL-soluble P₂O₅ or K₂O in the ploughed layer. Sufficient N supply is around 100 kg/ha N, or

100–150 NO₃-N reserve in the 0–60 cm soil layer before sowing or in spring. These data may serve as guides for Hungarian extension service.

Table 8. Effect of N fertilization on the element content of air-dry rape, 1984. (1) Plant organ. a) shoot; b) leaf; c) stem; d) seed; e) root. (2) Fertilizer levels (1973–1984). (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. KCl-exchangeable NH₄-N.

Table 9. Effect of N×P supplies on the NO₃-N content of air-dry rape organs, 1984 (1)–(4): see Table 1. A. Shoot (Apr. 17), mg/g. B. Roots at flowering (May 15), mg/g. C. Leaves (on May 18), mg/g. D. Stem at harvest (on Jul. 23), mg/g.

Table 10. Effect of P supplies on the element content of air-dry rape, 1984. (1)–(4): see Table 8.

Table 11. Effect of K supplies on the element content of air-dry rape, 1984 (1)–(4): see Table 8.

Table 12. Effect of N×P supplies on the N/P ratio of air-dry rape, 1984. (1) N supplies, kg N/ha/year. a) Mean. (2) AL-soluble P₂O₅, mg/kg. (3)–(4): see Table 8.

Table 13. Effect of P supplies on the major element ratios of air-dry rape, 1984. (1)–(4): see Table 8.

Table 14. Effect of P and N supplies on the K/Na, K/P and N/K ratios of rape, 1984 (1)–(4): see Table 8. (5) N fertilization, kg/ha/year.

Fig. 1. Relationship between the NO₃-N content of the 0–60 cm soil layer and the N-content of rape at leaf renewal (Apr. 17).

Fig. 2. Relationship between seed yield and the N content of rape at leaf renewal.

Fig. 3. Relationship between the oil content of rape seed and the N content of rape at leaf renewal.

IKÁDÁR – T. NÉMETH – D. LUKÁCS (2001): Mineral fertilisation of winter rape (*Brassica napus L.*) on calcareous chernozem soil. II. Summary

- In this dry summer the yields amounted to 0.8 t seed + 5.8 t straw on soil unfertilised for 11 year and 1.8 t seed + 10.5 t straw on plots with maximum NPK supplies. The N uptake amounted to 16-76 kg/ha in the rosette stage, 63-236 kg/ha at flowering and 94-221 kg/ha at harvest in the aboveground yield as a function of N×P nutrition, which was decisive. Of the N absorbed, 65% was found in the straw and 35% in the seed yield. The roots accumulated only 9-25 kg N by harvest, amounting to some 10% of the aboveground N uptake on average.

- The specific nutrient requirements of winter rape, i.e. that of 1 t seed + its by-products, were as follows: 130-140 kg N, 110-130 kg K (130-160 kg K₂O), 80-100 kg Ca (110-140 kg CaO), 22-28 kg Mg (36-46 kg MgO), 19-24 kg P (44-55 kg P₂O₅), 9-22 kg Na, 600 g Fe, 300 g Mn, 100 g Zn and 15 g Cu. Due to the low seed yield and the high by-product/seed yield ratio, which was around 6-7 in this experiment, the specific parameters were higher than usual. Specific contents of 100 kg N, 45 kg P₂O₅, 120 kg K₂O, 100 kg CaO and 34 kg MgO can be considered as satisfactory guidelines for the extension service on the basis of previous work under similar conditions.

- If harvesting is carried out using combines and only the seed yield is removed from the field, 1 t seed represents a loss of 54 kg N, 16 kg P₂O₅, 10 kg K₂O, 11 kg CaO and 8 kg MgO. The N and P losses should thus be taken into consideration

when planning mineral fertilisation, while those of the other nutrients can be ignored. It should be noted that during the period from flowering to harvest the nutrient reserves of the roots rose on average by 20-60% in the case of K, Mg, P, Fe, Mn and Cu, by 100-140% for N, Na and Zn and by 224% for Ca, in contrast to the nutrient losses recorded in the aboveground organs. This concentration of nutrients was especially pronounced on P-deficient soil, being many times greater than that recorded on soil well supplied with P.

- The mean 4.4 g thousand-seed mass of winter rape was not influenced to any great extent by the treatments. The oil content of the seed declined from 41.8% to 39.67% as the result of N fertilisation. The mean fatty acid composition was in agreement with that characteristic of the variety: 60.1% oleic acid, 24.6% linoleic acid, 9.4% linolenic acid, 4.4% palmitic acid, 1.5% eicosenic acid and 0.8% erucic acid. As the N and P supplies improved there was a significant rise in the linolenic and linoleic acid and a reduction in the oleic acid content of the seed. The oil yield increased from 338 kg/ha in the control to 719 kg/ha in the combined NP fertilisation treatment. Over-fertilisation did not lead to a yield depression. No significant yield surplus was obtained with AL-P₂O₅ or AL-K₂O supplies in excess of 150-200 mg/kg or above an annual N rate of 100 kg/ha, although the oil yield still tended to increase even on over-fertilised soil.

- The maximum leaching of KCl-soluble NO₃-N and SO₄-S after 11 years was observed in the 60-200 cm soil layer. Some 30-50% of the fertiliser N and 20-25% of the fertiliser S was demonstrated in soluble form. In the maximum NPK treatments a total of 13.2 t calcium ammonium nitrate, 16.5 t superphosphate and 9.0 t 50% KCl was applied in the course of 11 years, amounting to 38.7 t/ha in all. The total salt content calculated on the basis of electrical resistance was found to be 32 t/ha in the 3 m soil profile, which was of the same order of magnitude as the quantity applied, taking into account the plant uptake (salt balance). The 1-2 m soil layer accumulated the most salt. In this layer the salt content rose to around 0.1%, reflecting the environmental pollution caused by intensive mineral fertilisation.

Table 15. Effect of NxP supplies on the N uptake of winter rape, kg/ha 1984. (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots at the rosette stage on Apr. 17th, (6) Shoots at flowering on May 15th, (7) Straw at full maturity on Jul. 23rd, (8) Seeds at full maturity on Jul. 23rd, (9) Roots at full maturity on Jul 23rd.

Table 16. Effect of NxP supplies on the K uptake of winter rape, kg/ha 1984. (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots at the rosette stage on Apr. 17th, (6) Shoots at flowering on May 15th, (7) Straw at full maturity on Jul. 23rd, (8) Seeds at full maturity on Jul. 23rd, (9) Roots at full maturity on Jul. 23rd, (10) The K effect amounted to 47% on Apr. 17th and to 16% on May 15th. By maturity there was no longer a significant K effect.

Table 17. Effect of NxP supplies on the Ca uptake of winter rape, kg/ha 1984. (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots at the rosette on Apr. 17th, (6) Shoots at flowering on May 15th, (7) Straw at full maturity on Jul. 23rd, (8) Seeds at full maturity on Jul. 23rd, (9) Roots at full maturity on Jul. 23rd.

Table 18. *Effect of NxP supplies on the P uptake of winter rape 1984.* (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots at the rosette on Apr. 17th, (6) Shoots at flowering on May 15th, (7) Straw at full maturity on Jul. 23rd, (8) Seeds at full maturity on Jul. 23rd, (9) Roots at full maturity on Jul. 23rd.

Table 19. *Effect of NxP supplies on the Na uptake of winter rape 1984.* (1) N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots at the rosette on Apr. 17th, (6) Shoots at flowering on May 15th, (7) Straw at full maturity on Jul. 23rd, (8) Seeds at full maturity on Jul. 23rd, (9) Roots at full maturity on Jul. 23rd.

Table 20. *Effect of P supplies on the element uptake by root of winter rape 1984.*

Table 21. *Effect of P supplies on the nutrient uptake of winter rape 1984.* (1) Plant organs, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Straw, (7) Seed, (8) Root, (9) 1- on Apr. 17th (rosette), 2- on May 15th (flowering) 3- on Jul. 23rd (full maturity).

Table 22. *Minimum and maximum values of nutrient uptake by winter rape from control and over-fertilised soil at harvest 1984.* (1) Nutrient symbol, (2) Units, (3) Straw, (4) Seed, (5) Together, (6) *0.69 t seed + 5.8 t straw, **1.76 t seed + 10.5 t straw, (7) Nutrient requirements of 1 t seed + its straw: 130-140 kg N, 110-130 kg K (130-160 kg K₂O), 80-100 kg Ca (110-140 kg CaO), 22-28 kg Mg (36-46 kg MgO), 19-24 kg P (44-55 kg P₂O₅), Na 9-22 kg, 600 g Fe, 300 g Mn, 100 g Zn and 15 g Cu.

Table 23. *Effect of NxP, N and P supplies on certain characteristics of winter rape seeds 1984.* (1) Characteristics, (2) N fertilisation kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Averaged over NP treatments, (6) 1000-seed mass, g, (7) Oil %, (8) Fatty acids in the oil %, (9) Eicosenic acid, (10) Palmitic acid, (11) Linolenic acid, (12) Linoleic acid, (13) Oleic acid, (14) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (15) Averaged over NK treatments, (16) N kg/ha/year, (17) Oil yield, kg/ha (averaged over K treatments), (18) Note: Erucic acid, (C22:1) averaged 0.8%.

Table 24. *Basic oil analytical data in the 0-3 m layer 1984.* (1) Depth of sampling, cm, (2) AL-soluble, (3) KCl-soluble, (4) EDTA-soluble, (5) Note: Mean results of 6 samplings. Moisture content was 14-15% in the 0-60 cm layer and 10-11% in the 60-300 cm layer. Analysis carried out by the Phytosanitary and Soil Protection Station in Velence. Sampling date: Aug. 15th 1984.

Table 25. *Effect of N and P fertilisation on the NO₃-N and SO₄-S content of the soil 1984.* (1) Depth of sampling, cm, (2) N fertilisation, N kg/ha/11 years, (3) P fertilisation, P₂O₅ kg/ha/11 years, (4) Total, (5) *1 mg/kg = 14 kg/ha in the 0-100 cm layer. Data are the means of 6 samples. Analysis carried out by the Phytosanitary and Soil Protection Station in Velence. Sampling date: Aug. 15th 1984.

Table 26. *Effect of mineral fertilisation on the total salt content of the 0-3 m soil profile, 1984.* (1) Mineral fertilisation, sampling, (2) Fertilisation levels, (3) Mean, (4) Total salt pollution from fertiliser between 1973 and 1984 t/ha, (5) 25% calcium ammonium nitrate, (6) 18% superphosphate, (7) 50% potassium chloride, (8) Total, (9) Total salt in the soil in 1984 mg/g, (10) Total salt in the soil in 1984 t/ha, (11) 1 mg/g = 14 t/ha in the 0-100 cm soil layer. Data are the means of 6 samples.

I.KÁDÁR – D. FÖLDESI (2002): Mineral fertilisation of mustard (*Sinapis alba L.*) on chernozem soil. I. Summary.

The effect of different N, P and K supply levels and their combinations on the development, air-dry matter, oil yield, and fatty acid composition of mustard (cv. *Budakalászi sárga*, of Danish origin), and on the leaching and balance of NO₃-N and SO₄-S in the top 6 m of soil was studied in the 12th year of a long-term mineral fertilisation experiment set up on calcareous loamy chernozem soil.

- The development and yield of mustard was decisively influenced by the NxP supplies. As the result of N fertilisation the air-dry matter decreased by 2% in the rosette stage, 5% at flowering and 10% on average at maturity. P fertilisation reduced the dry matter content by 4-5% and K fertilisation by 1-2%. Ripening was protracted by as much as two weeks by over-fertilisation.

- The air-dry mass of the shoots was 0.9 t/ha on May 23rd in the rosette stage, 2.7 t/ha on June 3rd at the beginning of flowering and 7.9 t/ha on July 15th at maturity. At harvest on August 22nd the stems had an average mass of 3.0 t/ha, the pods 1.6 t/ha and the seeds 1.8 t/ha, giving a total aboveground air-dry mass of 6.4 t/ha. The approx. 1.0 t/ha seed yield on the control plots increased to 2.4 t/ha on plots given 140-150 mg/kg AL-P₂O₅ and 140-200 mg/kg AL-K₂O with an annual 200 kg/ha N fertiliser. On these same plots the total aboveground air-dry matter yield rose from 3.5 to AL-K₂O, with an annual 100 kg/ha fertiliser.

- As the result of N fertilisation, which has a decisive in the generative phase, the thousand seed mass rose from 5.7 to 6.7 g, the oil content of the seed yield dropped from 31.5 to 27.9% and the oil yield rose from 370 to 590 kg/ha. P fertilisation also significantly reduced the oil content by 1.3%, but the oil yield was increased by around 150 kg/ha. After K fertilisation there was an average increase of 0.8% in the oil content and 10% in the oil yield. The 330 kg/ha oil yield recorded for the control plots rose to 700 kg/ha on soil given 140-150 mg/kg AL-P₂O₅ and 140-200 mg/kg AL-K₂O with an annual 100 kg/ha N fertiliser.

- The mustard oil contained an average 41-42% erucic acid (C22:1), 22-23% oleic acid (C18:1), a total 19-21% of linolenic acid (C18:3) and eicosenic acid (C20:1), 10% linoleic acid (C18:2), 3.4% lignoceric acid (C24) and 2.5% palmitic acid (C16). After N fertilisation there was a significant rise in the percentage linoleic acid and lignoceric acid and a reduction in the linolenic+eicosenic acid %.

- On soil with excessive N fertilisation NO₃-N had been leached to a depth of 3.5-4.0 m by the 12th year of the experiment, representing a downward movement of around 30 cm/year on this area, which has a negative water balance. The plant N uptake averaged 150 mg/ha/year on the N-fertilised plots. Some 30-50% of the non-absorbed N was detected in the soil profile in the form of NO₃-N. The ratio of NO₃-N in the soil increased with a rise in the level of over-fertilisation.

- The maximum accumulation of KCl-soluble SO₄⁻² was found in the 1-2 m layer. Approximately 30% of the SO₄-S introduced into the soil with superphosphate and not taken up by the plants was detected in KCl-soluble form in the 6-m soil layer. The average moisture content of the soil layers decreased with depth as follows: 0-1 m 15%, 1-2 m 13%, 2-3 m 10%, 3-4 m 7%, 5-6 m 5%.

Table 1. Fertiliser application and the soluble nutrient reserves of the soil. (1) Fertilisation, sampling, (2) Fertiliser levels 1973-1985, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) kg/ha/year, (6) kg/ha/12 years, (7) NO₃-N kg/ha at sowing (averaged over the N levels), (8) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg (averaged over the P levels), (9) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg (averaged over the K levels), (10) Sampling and analysis were carried out in 1986.

Table 2. Effect of NxP supplies on the air-dried yield of mustard in 1985. (1) P supplies, (2) N supplies kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean

I.KÁDÁR (2002): Effect of mineral fertilization on the yield and nutrient uptake of mustard. Summary.

- The mass of the mustard organs rose 2.5 times on average compared to the control in the case of balanced N×P nutrition. The optimum supply level was achieved with 200 kg N/ha a year, and ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and K₂O contents of 140–150 mg/kg and 150–200 mg/kg, respectively, in the ploughed layer. In this case the seed yield rose from 1.0 t/ha in the absolute control to 2.4 t/ha.

- As the N supplies improved there was an increase in the N% of the plant organs and in the concentrations of major cations (K, Ca and Mg). An improvement in the P supplies stimulated the incorporation of P, Ca and Mg but inhibited that of Zn, due to P–Zn antagonism. K fertilization led to K accumulation in the vegetative plant organs and, as the result of K–Ca and K–Mg antagonism, to a lowering of the Ca and Mg concentrations.

- The composition of the rosette-stage shoot adequately reflected the nutritional status of the plant and was suitable for diagnostic purposes. The optimum composition was 4.0–4.5% N and K, 0.35–0.45% P, N/P and K/P ratios of around 8–12, and an N/K ratio of 0.8–1.2. These data could be used as guidelines for the extension service and for determining the need for topdressing in spring.

- Mustard is a crop with a high fertilizer requirement. At the beginning of ripening the aboveground biomass indicated an uptake of 255 kg N, 194 kg Ca, 192 kg K and 26 kg Mg. By harvesting, however, the crop had lost 20% of its mass and 16% of the absorbed P, 22% of the N, 39% of the Ca, 42% of the Mg and 75% of the K with the fallen foliage. Three-quarters of the K was thus returned to the soil with the withered foliage and through leaching.

- The specific element requirements of 1 t seed + the relevant stem and pod yield amounted to 81 kg N, 46 kg Ca (64 kg CaO), 18 kg K (22 kg K₂O), 11 kg P (25 kg P₂O₅), 6 kg Mg (9.4 kg MgO), 2 kg Na, 2 kg Fe, 122 g Mn, 67 g Zn and 18 g Cu per hectare. If only the seed yield is removed from the field at harvesting, an adequate seed yield of around 3 t/ha can be expected to involve losses of 135 kg N, 38–40 kg K₂O, 48 kg P₂O₅, 21 kg Ca and 14 kg Mg per hectare. On heavier or calcareous soils the K, Ca and Mg losses are negligible. On acidic soils and those poor in K, however, the crops require plentiful K, Ca and Mg replacement.

Table 3. Effect of N supplies on the nutrient contents of air-dry mustard, 1985. (1) Plant organs. a) shoot; b) stem; c) pod; d) seed. (2)–(4): see Table 2. Note: ¹: in the

rosette stage on May 23; ²: at flowering on June 3; ³: at maturity on July 15; ⁴: at harvest on August 22.

Table 4. Effect of P supplies on the nutrient contents of air-dry mustard, 1985. (1), (3)–(4): see Table 3. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg.

Table 5. Effect of K supplies on the nutrient contents of air-dry mustard, 1985. (1), (3)–(4): see Table 3. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 6. Effect of P supplies on the main element ratios of air-dry mustard, 1985. (1), (3)–(4): see Table 3. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg.

Table 7. Effect of N supplies on the element uptake of air-dry mustard, 1985. (1)–(4): see Table 3.

Table 8. Effect of N×P supplies on the total element uptake of mustard at harvest in 1985. (1)–(4): see Table 2.

Table 9. Minimum and maximum element uptake of mustard during the vegetation period as a function of nutrient supplies, 1985. (1) Element symbol. (2) Shoot: on May 23, June 3, July 15. (3) Stem. (4) Pod. (5) Seed. (6) at harvest (Aug. 22). Note: * 80–800 g/ha Na in the pod, 22–46 g/ha in the seed yield. ** Average concentration of Fe: May 23: 0.45%, Jun. 3: 382 mg/kg, Jul. 15: 235 mg/kg, Aug. 22: 123 mg/kg in the stem, 0.22% in the pod, 194 mg/kg in the seed.

Table 10. Extreme, mean and specific values of elements incorporated into the aboveground organs of mustard at harvest on August 22, 1985. (1) Element symbol. (2) Total uptake (stem+pod+seed). (3) Min.–Max. (4) Mean. (5) Ratio in the seed yield. (6) Mean specific content. Note: * In 1 t seed + the relevant stem and pod by-products. ** In the case of combine harvesting, if only the seed is removed from the field.

I.KÁDÁR – G. BÉNDEK – L. RADICS (2003): Effect of mineral fertilisation on the yield and quality of malting barley (*Hordeum distichon*) Summary.

The effects of various N, P and K supply levels and their combinations on the development, weed infestation and yield of malting barley variety Opal and on the malting quality of the grain were examined by micro malting in 1986, in the 13th year of a long-term mineral fertilisation experiment set up on calcareous loamy chernozem soil. Conclusions:

- Combined NP fertilisation increased the cover of the forecrop, mustard, in 1985 and of spring barley at the end of tillering in 1986 to 95%, compared to 52% in the control plot. The number of weed species in the mustard crop dropped from 10 to 5 and that in the barley from 6 to 1. In both years the dominant weed species were *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album* and *Stachys annua*.
- Scoring in the heading stage for damage to the flag-leaf by *Lema melanopus* indicated 10% damage in the control plot and 28% in barley over-fertilised with NP.
- Compared with the control, joint fertilisation with N and P led to an increase in the aboveground green shoot mass from 7 to 18 t/ha at shooting and from 10 to 21 t/ha at heading, with an average 6-8% reduction in the air-dry matter content. At harvest the average plant height rose from 40 to 60 cm and the number of spikes per m² from 480 to 830, while the straw yield increased from 2.0 to 5.5 t/ha and the grain yield from 2.8 to 5.3 t/ha.

- K fertilisation gave a mean grain yield surplus of 0.5 t/ha. Maximum grain yield was achieved with an annual N rate of 100 kg/ha, and AL-P₂O₅ and AL-K₂O supplies of around 200 mg/kg. Extreme over-fertilisation with N led to a yield loss of 0.5 t/ha.
- Increasing N supplies reduced the ratio of the >2.5 mm seed fraction by 9% and increased the proportion of Grade III and refuse grain. When P supplies were satisfactory there was increase in the valuable seed fractions, partially counterbalancing the negative effect of the N treatment.
- The malting quality was influenced decisively by the N supplies. Compared with the N control soil, N fertilisation at a rate of 300 kg/ha/year led to an increase in the water-soluble N entering the brewage from 0.7 to 1.0%, the total N from 1.6 to 2.1% and the crude protein from 10 to 13-14%. The Kolbach number declined from 44 to 37% at annual N rates of 100 and 200 kg/ha. In these treatments there was a 3% reduction in the extract content and a lengthening of the saccharification time.

Table 1. *Effect of treatments on the soluble element reserves of the ploughed layer in 1986 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhöröcsök, Hungary).* (1) Element, (2) Treatments or supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Active agents applied kg/ha/13 years, (6) KCl-soluble NH₄-N and NO₃-N mg/kg, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and K₂O mg/kg, (8) NaHCO₃-soluble (Olsen) P₂O₅ mg/kg, (9) *At the N levels, ** at the P₂O₅ levels, *** at the K₂O levels.

Table 2. *Effect of NxP supplies on the crop and weed cover 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Mustard cover% (on 3 June 1985, (6) No. of weed species (on 3 June 1985, (7) Barley cover% (on 19 June 1986, (8) No. of weed species (on 19 June 1986), (9) Weed cover was 4-5% on control plots and around or below 1% on over-fertilised NPK plots. Dominant weed species in both years: *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album* and *Stachy annua*.

Table 3. *Effect of NxP supplies on the shoots of spring barley in 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Green mass t/ha at shooting on 26 May, (6) Green mass t/ha at heading on 11 June, (7) Air-dry matter % on 26 May, (8) Air-dry matter % on 11 June.

Table 4. *Effect of NxP supplies on spring barley at harvest on 23 July 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring for stand development (1= poor, 5= strong stand), (6) Plant height cm, (7) No. of spikes/m², (8) Thousand grain mass, g.

Table 5. *Effect of NxP supplies on spring barley in 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring for pest damage % on 11 June, (6) Straw t/ha at harvest on 23 July, (7) Grain t/ha at harvest on 23 July, (8) Grain + straw + husks, t/ha, at harvest on 23 July, (9) Flag-leaf damage by *Lema melanopus*, %.

Table 6. *Effect of NxP supplies on the seed fractions of malting barley in 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Ratio of Grade I seed %, (6) Ratio of Grade II seed %, (7) Ratio of Grade III seed %, (8) >2.5 mm fraction, %, (9) Seed sizes: Grad I > 2.8 mm, Grade

II > 2.5 mm, Grade III > 2.2 mm. Refuse grains amounted to 5-6% on average on plots well supplied with P and to 10-11% on P-poor plots.

Table 7. *Effect of NxP supplies on the seed quality of malting barley in 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Total N %, (6) Protein (total N x 6.25) %, (7) Soluble N %, (8) Kolbach number (water-soluble N as a % of total N, %).

Table 8. *Effect of NxP supplies on the seed quality of malting barley in 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Water-free extract %, (6) Flow (1= clear, 4= strongly opaque), (7) Saccharification time (1= 10-15, 2= 15-20, 3 = 20-25 min), (8) Final fermentation %, (9) Means of other traits: viscosity 1.54, difference 1.6, colour EBC 3.4, coarse extract 77%, air-dry extract 75%, moisture 11%, malt-water 4.6%.

I.KÁDÁR (2004): Effect of mineral fertilisation on the element uptake of spring barley on calcareous chernozem soil. Summary.

- Improved N fertilisation increased the concentration of all the elements except P in the vegetative plant organs. K fertilisation stimulated the incorporation of K and Na into the plants organs and inhibited that of Ca, Mg and Mn. The application of P fertiliser increased the P and Ca content in the shoot and reduced that of N, K, Fe, Zn and Cu. The mass of the vegetative parts was doubled by combined NP fertilisation.

- The optimum values in the shoot at the beginning of shooting, leading to maximum yield, amounted to: 3.0-4.0% K, 2.0-3.0% N, 0.3-0.4% P, 10-12 K/P, 8-10 N/P and 0.6-0.8 N/K. These data are in good agreement with those reported in the literature and could be used as guidelines by the extension service for estimating the nutritional status of malting barley. The P/Zn ratio rose to above 200 in treatments with good P supplies. The P-Zn antagonism could lead to latent Zn deficiency on this type of soil, so Zn fertilisation could be effective in crops with a high Zn requirement.

- The total harvested yield (5 t seed + 6 t by-products) contained 170 kg N, 120 kg K₂O, 65 kg P₂O₅, 40 kg CaO, 24 kg MgO, 4 kg Na, 2 kg Fe, 0.6 kg Mn, 0.1 kg Zn and 50 g Cu (rounded figures). The specific element requirements for 1 t grain + the associated by-products amounted to 26 kg N, 16 kg K₂O, 12 kg P₂O₅, 6 kg CaO, 4 kg MgO, 270 g Fe, 100 g Mn, 40 g Zn and 10 g Cu at the given location. These specific quantities could be used in making recommendations of the fertiliser requirements of the planned yield.

- Under similar conditions a large yield with high quality will require fertilisation with approximately 100 kg/ha N and soil supplies of 150-200 mg/kg ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and K₂O in the ploughed layer.

Table 9. *Effect of NxK supplies on the composition of air-dry shoots of malting barley on 26 May 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) K%, (6) Ca% (7) Na mg/kg, (8) Mn mg/kg, (9) NxK interactions were significant on both 11 June and 23 July. Optimum: K 2.5-4.5%, Ca 0.4-1.0%, Mn 20-100 mg/kg (Bergmann 1992).

Table 10. *Effect of NxP supplies on the composition of air-dry shoots of malting barley on 26 May 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) N%, (6) P%, (7) K%, (8) N/P ratio, (9) K/P ratio, (10) N/K ratio, (11) Optimum: N 2.0-4.0%, K 2.5-4.5%, P 0.25-0.50% (Bergmann 1992).

Table 11. *Effect of NxK and NxP supplies on the element ratios of malting barley 1986.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) K/Ca ratio on 26 May, (6) K/Mg ratio on 11 June, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (8) P/Zn ratio in the straw on 23 July, (9) P/Zn ratio in the grain on 23 July, (10) Optimum at shooting on 26 May: 6-10 K/Ca, 15-25 K/Mg, 50-150 P/Zn.

Table 12. *Effect of NPK supplies on the air-dry composition of malting barley during the vegetation period in 1986.* (1) Plant organ, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Straw, (7) Grain, (8) K% (as the result of K), (9) N% (as the result of N), (10) Ca% (as the result of N), (11) P% (as the result of P), (12) Mg% (as the result of K), (13) Shoots on 26 May, Shoots on 11 June, Straw and grain on 23 July.

Table 13. *Effect of NPK supplies on the air-dry element content of malting barley during the vegetation period in 1986.* (1) Plant organ, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Straw, (7) Grain, (8) Na mg/kg (as the result of N), (9) Fe mg/kg (as the result of N), (10) Mn mg/kg (as the result of N), (11) Zn mg/kg (as the result of P), (12) Cu mg/kg (as the result of N), (13) Shoots on 26 May, Shoots on 11 June, Straw and grain on 23 July. Optimum according to Bergmann (1992): Mn 20-100, Zn 15-61, Cu 5-10 mg/kg.

Table 14. *Effect of NP treatments on the element uptake of spring barley in 1986.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) NP supply levels (averaged over K), (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Shoots on 11 June at heading, (7) Straw on 23 July at harvest.

Table 15. *Effect of NP treatments on the element uptake of spring barley at harvest in 1986.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) NP supply levels (averaged over K), (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Grain yield on 23 July, (7) Grain + straw + husks on 23 July.

Table 16. *Effect of NP treatments on the specific element content of malting barley in 1986.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) NP supply levels (averaged over K), (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Element content of 1 t grain + the associated by-products.

I.KÁDÁR – L. RADICS – **D. LUKÁCS** (2003): Mineral fertilisation of oil flax (*Linum usitatissimum L.*) on chernozem soil. Summary.

- Oil flax does not require a great deal of fertiliser. On the experimental soil, which was moderately supplied with K and poorly with P, no significant yield surpluses were obtained by applying P or K. the optimum rate of N fertiliser proved to be 100 kg/ha/year. Pronounced yield depression was observed above ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ supply levels of 140-150 mg/kg and above N fertiliser rates of 100 kg/ha/year.

- Excessive NP supplies led to a 30-50% reduction in stand height, while flowering was delayed by around 2 weeks and the flowering period became protracted. The oil flax cover dropped from 81 to 36%, while the weed cover rose from 8 to 23% and the number of weed species from 8 to 11. The air-dry matter content in the shoots was 8% lower than in the control at both dates. The seed, capsule, stem and root yields at harvest declined by a third on average on soil over-supplied with NP.
- By contrast with data in the literature, oil flax did not prove to be P-demanding. The negative effects of N over-fertilisation could not be moderated by an increase in the P rate. In fact, the joint application of excessive rates of N and P may have catastrophic consequences, leading to the loss of 1/3 of the yield and reducing the oil content by 2-3%. On the control soil, which had not been fertilised for 14 years, the oil yield was 552 kg/ha, increasing to 750 kg/ha with an annual N rate of 100 kg/ha and AL-P₂O₅ supplies of 140 mg/kg, but decreasing to 452 kg/ha in the case of NP over-fertilisation.
- On calcareous soils of this type, the Hungarian extension service considers an AL-P₂O₅ supply level of 160-230 mg/kg to be “moderate” and recommends applying P fertiliser to oil flax. The K fertiliser recommendation is similar. The present data cast doubt on these recommendations. It should be emphasised that oil flax is sensitive to over-fertilisation.
- The quantities of nutrients incorporated into the maximum yield of 2 t/ha seed + 2 t/ha stem + 1 t/ha capsules at harvest amounted to 107 kg N, 44 kg K (53 kg K₂O), 27 kg P (62 kg P₂O₅), 31 kg Ca, 9 kg Mg, 2 kg Na, 900 kg Fe, 264 g Mn, 79 g Zn and 16 g Cu.

Table 1. Effect of NxP supplies on the mean height, cm, of oil flax in 1987 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, Hungary). (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) On 27 May, (6) On 9 June prior to flowering, (7) On 22 June at full flowering, (8) On 2 July in the green capsule stage, (9) Note: The mean height at harvest equalled that in the green capsule stage.

Table 2. Effect of NxP supplies on the development of oil flax in 1987. Plant stand scoring. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) On 10 June (beginning of flowering), (6) On 29 June (end of flowering), (7) On 21 July (at maturity), (8) On 30 July (at harvest), (9) Scoring: 1= thin, short, poorly developed stand, 5= dense, tall, well developed stand.

Table 3. Effect of NxP supplies on the flowering of oil flax 1987. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Beginning of flowering: calendar day in June, (6) Full flowering: calendar day in June, (7) End of flowering/green capsule stage: calendar day in June or July, (8) In July.

Table 4. Effect of NxP supplies on the weed infestation of oil flax on 11 June 1987. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Oil flax cover %, (6) Weed cover %, (7) Air-dry weed mass t/ha on 23 June, (8) Average number of weed species.

Table 5. Effect of NxP supplies on the average cover of certain weed species on 11 June 1987. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅

mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) *Reseda lutea* %, (6) *Chenopodium album* %, (7) *Amaranthus blitoides* %, (8) *Chaenorrhinum minus* %.

Table 6. Effect of NxP supplies on oil flax on 10 June 1987. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Air-dry shoots t/ha, (6) Air-dry roots t/ha, (7) Air-dry shoot/root ratio, (8) Shoot air-dry matter %.

Table 7. Effect of NxP supplies on oil flax on 29 June 1987. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL-soluble) P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Air-dry shoots t/ha, (6) Air-dry roots t/ha, (7) Air-dry shoot/root ratio, (8) Shoot air-dry matter %.

Table 8. Effect of NxP supplies on the air-dry mass of oil flax 27 July 1987. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Seed t/ha, (6) Capsule t/ha, (7) Stem t/ha, (8) Root t/ha, (9) The average air-dry matter % in the plant organs was 92%.

I.KÁDÁR – D.LUKÁCS – S.LÁSZLÓ (2004): Effect of nutrient supplies on the yield, quality and element uptake of oil flax. Summary.

– At this location, where the soil contained moderate amounts of potassium and little phosphorus, P and K fertilization did not result in a significant yield increase. The optimum N rate was found to be 100 kg N/ha/year. In treatments with an ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ content of over 140–150 mg/kg or given N rates of over 100 kg/ha/year, i.e. in excessive NP treatments, there was a reduction of 3% in the oil content, 25–30% in the seed yield and 30–40% in the oil yield.

– Depending on the treatments the minimum (NP over-fertilization) and maximum values were 1.2–2.0 t/ha for seed yield, 38–41% for oil content and 453–789 kg/ha for oil yield. The seed oil contained an average of 3.8% stearic acid, 6.6% palmitic acid, 13.2% linoleic acid, 21.4% oleic acid and 54.9% linolenic acid. The quantity of linoleic acid was increased by P supplies and significantly reduced by N fertilization. A change of similar magnitude (approx. 4 %) but of opposite sign was observed in the oleic acid content, i.e. there was a modification in the important linolenic/oleic acid ratio. There was also a significant, 10%, decline in the linoleic acid quantity in the seeds from NP-over-fertilized treatments.

– NP over-fertilization led to a 10–12% increase in waste seeds and a corresponding reduction in the quantity of satisfactory seed yield. There was a significant (4–5%) reduction in the number of healthy germs and a similar rise in the number of rotten germs which failed to emerge.

– In plots given extreme overdoses of NP, the weed infestation rose by an order of magnitude, while the mass of macroelements incorporated into the shoots increased 20–30 times. The elements contents (in kg/ha) amounted to K: 2–60, N: 2–34, Ca: 2–40, Mg: 0.3–6.8 and P: 0.2–4.3. The weeds may be serious competitors for the uptake of available soil nutrients in oil flax crops.

– In shoot samples taken prior to flowering, the nutrient concentrations and ratios leading to maximum plant yield and oil yield appear to be 2.5–3.5% N, 0.30–0.45% P and 1.5–2.5% K, and 8–10 N/P, 6–8 K/P and 1–2 N/K. These data could serve as guidelines for fertilizer recommendations.

– The aboveground yield at harvest contained a maximum of 107 kg N, 44 kg K (53 kg K₂O), 31 kg Ca, 9 kg Mg, 27 kg P (62 kg P₂O₅), 1–2 kg Na, 900 g Fe, 264 g Mn, 79 g Zn and 16 g Cu. The specific element requirements for 1 t seed + the relevant by-products (stem and capsule), averaged over the experiment, were 59 kg N, 32 kg P₂O₅, 26 kg K₂O, 25 kg CaO, 8 kg MgO, 1.2 kg Na, 0.5 kg Fe, 135 g Mn, 45 g Zn and 9 g Cu. The (stem+capsule)/seed ratio was 1.63 and the (stem+capsule+root)/seed ratio 1.93 on average.

Table 9. Effect of N×P supply levels on the oil content, oil yield and fatty acid composition of oil flax in 1987. (1)–(4): See Table 1. A. Oil % in the seed. B. Oil yield, kg/ha. C. Linolenic acid C18:3, %. D. Oleic acid C18:1, %. Note: The linoleic acid content decreased significantly by 1.3% as the result of NP fertilization.

Table 10. Effect of N×P supply levels on the biological value of the oil flax seed yield in 1987. (1)–(4): See Table 1. A. Clean seed %. B. Waste seed %. C. Healthy germ %. D. Rotten germ %. Note: The ratio of diseased germs averaged 4.7%.

Table 11. Effect of NPK supply levels on the composition of air-dry weed shoots on 23 June 1987. (1) Element. (2) Mean NPK supply levels. (3)–(4): See Table 1. A. As the effect of N. B. As the effect of P. C. As the effect of K.

Table 12. Effect of N×P supply levels on the element uptake of the weeds on 23 June 1987. (1)–(4): See Table 1. Uptake of K (A), N (B), Ca (C) and Mg (D), kg/ha. Note: Element contents in g/ha as a function of NP supplies.

Table 13. Effect of N supply levels on the element content of air-dry oil flax in 1987. (1) Plant organ. a) Shoot; b) stem; c) capsule; d) seed; e) root. (2) N fertilization, kg/ha/year. (3)–(4): See Table 1. Note: ¹ on 10 June; ² on 29 June; ³ at harvest on 27 July.

Table 14. Effect of P supply levels on the element content of air-dry oil flax in 1987. (1), (3)–(4): See Table 13. (2) AL-soluble P₂O₅, kg/ha. Note: Optimum N and K contents and N/P, K/P and N/K ratios in the shoot on 10 June, leading to maximum yields.

Table 15. Effect of K supply levels on the element content of air-dry oil flax in 1987. (1), (3)–(4): See Table 13. (2) AL-soluble K₂O, kg/ha.

Table 16. Effect of NPK supply levels on the N, K, Ca, Mg and P uptake of oil flax in 1987. (1), (3)–(4): See Table 13. (2) NPK supply levels.

Table 17. Effect of NPK supply levels on the Na, Fe, Mn, Zn and Cu uptake of oil flax in 1987. (1)–(4): See Table 16.

I.KÁDÁR – J. KECK – T. HARRACH – L. RADICS – K. PÉCHY (2003): Mineral fertilisation of soya (*Glycine max L. Merr.*) on calcareous chernozem soil. Summary.

- At the beginning of flowering the soya root system penetrated to a depth of 65-70 cm. On average, approx. 8% of the roots were found in the rapidly drying 0-5 cm layer, 49% in the 5-15 cm layer and 25% in the 15-25 cm layer, i.e. a total of 80% in the ploughed layer. The maximum root density was 1.13 cm · cm⁻³ soil, in the 5-10 cm layer, and the minimum 0.01 cm · cm⁻³, in the 60-70 cm layer.

- The root length was calculated to be 2.79 km · m⁻² soil surface, while the root length required for the formation of 1 t air-dry shoots was approx. 22,000 km on the NP control in soil. In the case of NP over-fertilisation, the root system decreased to half or a third.
- On un-inoculated control soil no nodules were formed on the roots. The number of nodules per plant dropped 3.2 to 2.0 on inoculated soils as a function of NP-oversupply. A maximum seed yield of 2 t/ha could be achieved with treatments given 100 kg/ha/year N and with ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and K₂O supply levels of 100-150 mg/kg. Extreme over-fertilisation with N and P led to yield losses of 20-30% in this dry year, when a total of only 265 mm rainfall was recorded during the vegetation period. K fertilisation had practically no influence on the yield.
- In the case of excessive NP fertilisation the weed cover increased from 5 to 21%, while the soya cover dropped from 78% to 56%. In this treatment the air-dry weed shoot mass on August 15th was 4 times that on the control plots, reaching a value of 2.5 t/ha, chiefly due to the spread of *Chenopodium* and *Amaranthus* species.
- The degree of infection with *Macrophomina phaseolina* at harvest was 100% on the withered plants growing on unfertilised soil, while this value was below 5% with maximum NPK nutrition, where some of the plants were still green. The late ripening (effect) induced by over-nutrition (cause) was responsible for the resistance to *Macrophomina* (result), since forced physiological ripening did not occur even in a dry year.

Table 1. Mineral fertiliser doses applied and the soluble element contents in the soil. (1) Mineral fertilisation, soil sampling, (2) Mineral fertilisation levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) kg/ha/year, (6) kg/ha/15 years (7) NO₃-N kg/ha prior to sowing (at the N levels), (8) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg (at the P levels), (9) NaHCO₃ (Olsen)-soluble P₂O₅ mg/kg (at the P levels), (10) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg (at the K levels), (11) Note: NO₃-N prior to fertilisation in spring, AL-PK and Olsen-P after harvesting in autumn.

Table 2. Effect of NPK supplies on the root system of soya in 1988. (1) Soil depth cm, (2) June 13th, (3) June 15th, (4) July 1st, (5) July 2nd, (6) On average, (7) Root density cm · cm⁻³ soil, (8) Mean

Table 3. Effect of NPK supplies on the root system of soya in early July 1988 at the beginning of flowering. (1) Treatment, (2) Depth of soil profile cm, (3) Root length/shoot mass, (4) 1000 km/t dry matter, (5) total root length km/m² soil surface, (6) Relative percentage, (7) Note: No roots could be detected below 70-80 cm. A root network of 27,900 km/ha was found on the NP control soil.

Table 4. Effect of NxP supplies on soya and on weed infestation in 1988. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Number of nodules/20 plants on June 27th, (6) Air-dry weed mass t/ha on Aug. 15th, (7) Scoring for withering (1= withered, 5= green) on Sept. 13th, (8) Air-dry seed yield t/ha on Oct. 25th, (9) Note: No nodules developed without inoculation. The air-dry matter content of the weeds averaged 30%.

Table 5. Effect of P supplies on plant and weed cover on Aug. 19th 1988. (1) Plant cover and no. of weed species, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅

mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Soya, (6) Weeds, (7) Total, (8) Mean no. of weed species.

Table 6. *Effect of NxPxK supplies on the infection of soya with *Macrophomina phaseolina* on Oct. 25th 1988.* (1) N and P levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) As a % of all plants, (5) Averaged over P treatments, (6) Averaged over N treatments.

Table 7. *Effect of NxP supplies on the yield components of soya at harvest on 25th Oct. 1988.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) No. of pods/plant (6) No. of seeds/plant, (7) 1000-seed mass g, (8) Seed mass g/plant, (9) Note: Based on the analysis of 20 plants per plot. The 2.2 seed/pod ratio obtained when averaged over the whole experiment exhibited practically no change as the result of fertilisation.

Table 8. *Effect of N and P supplies on the air-dry matter yield and height of soya in 1988.* (1) Measured data, (2) N fertiliser levels kg/ha/year N, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot t/ha, (6) Plant height cm, (7) Seed t/ha, (8) Pod t/ha, (9) Stem t/ha, (10) Root t/ha, (11) Total t/ha, (12) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (13) Note: *at shooting on June 27th, ** at flowering on July 25th, *** at harvest on Oct. 25th.

L.KÁDÁR – D. LUKÁCS – S. FEKETE and K. BANA (2004): Effect of Nutrient Supplies on the Quality and Element Uptake of Soy Beans. Summary.

– N fertilization increased the N reserves in soy bean plant organs and the Mn and Cu contents in vegetative organs, while the Fe concentration was generally reduced. When P fertilizer was applied, a dramatic rise occurred in P concentration and a decline in that of Zn, while Ca and Mg contents in vegetative organs generally rose. K application led to high K % but lower Ca, Mg and Na contents, due to cation antagonism.

– The specific element requirements for 1 t seed and associated by-products was 65–80 kg N, 29–41 kg K₂O, 13–21 kg P₂O₅, 31–34 kg CaO, 13–17 kg MgO, 1–1.2 kg Fe, 80–100 g Mn, 25–50 g Zn and 14–15 g Cu. The recommended rates of 62 kg N and 9 kg MgO appear to be justified, while 42 kg CaO, 51 kg K₂O and 37 kg P₂O₅ could lead to 30%, 70% and 118% over-fertilization, resp., under similar conditions.

– In excessive NP treatments, the seed yield of soy beans dropped from 2.0 t/ha (control plots) to 1.4 t/ha in this dry year. The element uptake of weeds was similar to that of the soy bean crop. In fact the accumulation of K, Ca and Mg in weed shoots was greater than that in soy beans at harvest. K fertilization had no influence on the yield.

– The oil content of the seeds decreased from 23% to 19%, the oil yield per hectare from 400 kg to 270 kg and the crude protein yield from 800 kg to 560 kg as the result of NP over-fertilization. The composition of the oil was 49% linoleic acid, 28% oleic acid, 10% palmitic acid, 7% linolenic acid and 5% stearic acid. There was an increase in stearic acid and linolenic acid, and a reduction in oleic acid and linoleic acid as the result of NP fertilization.

– N supplies significantly increased the seed concentration of all the amino acids tested. On N control plots the total amino acid content amounted to 150 g/kg, while at the maximum N rate 200 g/kg protein was recorded. Arginine responded particularly well to improved N supplies, its quantity being almost doubled compared to the control. The quantity of phytic acid, which is regarded as an antinutritive compound, rose from around 1% to 1.5–1.7% as the result of excessive NP fertilization.

– The germination ability of the seeds was reduced by P and K fertilization. In the unfertilized control, the ratio of healthy germs was 80%, dropping to 40% in case of PK over-fertilization. The proportion of diseased germs increased from 22% to 35% and that of rotten germs from 5% to 20% at excessive PK rates. N fertilization was partially able to counteract the PK depression, improving the ratio of healthy germs by 12%.

Table 9. Effect of N supply levels on the composition of air-dry soy bean organs in 1988. (1) Plant organ. a) Shoot; b) root; c) stem + pod; d) seed. (2) N fertilizer levels, kg N/ha/year. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. Note: ¹ at shooting on 27 June; ² at flowering on 25 July; ³ weed shoots on 15 August; ⁴ at harvest on 25 October.

Table 10. Effect of P supply levels on the composition of air-dry soy bean organs in 1988. (1), (3)–(4): See Table 9. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg.

Table 11. Effect of K supply levels on the composition of air-dry soy bean organs in 1988. (1), (3)–(4): See Table 9. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 12. Effect of NPK supply levels on the element uptake of soy beans in 1988. (1), (3)–(4): See Table 9. (2) NPK supply levels. Note: ¹ at shooting on 27 June; ² at flowering on 25 July; ³ at harvest on 25 October.

Table 13. Mean microelement uptake of soy beans in 1988, g/ha. (1) Plant organ. a) Shoot; b) stem + pod; c) seed; d) total.

*Table 14. Effect of NPK supply levels on the element uptake of weeds on 15 August 1988. (1) Element and units. (2) NPK supply levels. (3)–(4): See Table 1. Note: *Averaged over the whole experiment.*

Table 15. Effect of N×P supply levels on the oil content and fatty acid composition of soy bean seeds in 1988. (1) N kg/ha annually. a) Mean. (2)–(4): See Table 2. A. Oil %. B. Stearic acid (C18) %. C. Linolenic acid (C18:3) %. D. Oleic acid (C18:1) %. E. Linoleic acid (C18:2) %. Note: Mean values for other fatty acids: C16: 9.6%; C20: 0.5%; C20:1: 0.3%; C22: 0.6%. The oil yield was 270 kg/ha in the NP over-fertilized treatment and around 400 kg/ha on the P control soil. The crude protein yield was 560 kg/ha on NP over-fertilized plots and around 800 kg/ha on the P control soil.

Table 16. Effect of NPK supply levels on the amino acid composition of soy beans in 1988, g/kg protein. (1) Name of amino acid. a) glutamic acid; b) asparagine; c) arginine; d) lysine; e) leucine; f) valine; g) glycine; h) serine; i) isoleucine; j) phenylalanine; k) alanine; l) threonine; m) histidine; n) tyrosine; o) methionine; p) tryptophan; r) total. (2)–(4): See Table 12.

Table 17. Effect of N×P supply levels on the phytin acid content of soy bean seeds in 1988, as a % of air-dry matter. (1)–(4): See Table 15. Note: On average, 16–21 mg/kg raffinose, 65–71 mg/kg stachyose, 79–90 mg/kg sucrose, 740–810 mg/kg trypsin inhibitor.

Table 18. Effect of P×K supply levels on the germination ability of soy bean seeds in 1988. (1) AL-soluble K₂O, mg/kg. (2)–(4): See Table 15. *Note:* N fertilization increased the proportion of healthy germs by an average of 12% and reduced that of diseased and rotten germs by 3% and 9%, resp.

L.KÁDÁR – S. TÁRKÁNY SZŰCS (2003): Effect of mineral fertilisation on the yield of fibre hemp (*Cannabis sativa L.*). Summary.

- The NxP interactions were dominant during the first two months of fibre hemp development and the NxK interactions during the second half of the vegetation period. Growth maxima were observed between May 30th and June 13th, when the height of the plant stand increased by 78 cm in the course of 14 days, i.e. by 5.6 cm a day, as the result of plentiful NPK supplies.
- The air-dry shoot mass was 0.6-1.3 t at the end of May, 3.5-8.0 t on June 26th and 7-12 t at stem harvest on August 11th, while the fresh mass of the green stems was 25-41 t per hectare, depending on the treatment. Optimum supply levels were found to be 100 kg/ha/year N, 150 mg/kg ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and 250-300 mg/kg AL-K₂O. These data could serve as guidelines for the Hungarian fertiliser extension service.
- N fertilisation reduced the plant number, increased the length, thickness and fibre yield of the stems and led to a deterioration in fibre quality. Good quality was obtained on plots given no N for 16 years and satisfactory quality in treatments given 100-200 kg/ha/year N, while on plots fertilised with 300 kg/ha/year the quality was not suitable for use by the textile industry. After P fertilisation there was a drastic decline of almost 20% in the plant number and in the % of crush, and a rise of 2% in the fibre content of the crude stems. K fertilisation had a positive effect on this soil, which was only moderately supplied with K: there was an increase in the length and thickness of the stems, and a 0.4 t/ha increase in the fibre yield.
- Among the treatment combinations, the following minimum-maximum values were recorded in the experiment: plant density 160-261 plants/m², technical length of the stem 180-250 cm, stem thickness 4-8 mm, fibre yield 2.0-3.0 t/ha.

Table 1. Fertilisers applied and the available nutrient reserves of the soil. (1) Fertilisation, sampling, (2) Fertilisation levels 1973-1984, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) kg/ha/year, (6) kg/ha/11 years, (7) KCl-exchangeable NH₄-N mg/kg (at the N levels), (8) KCl-soluble NO₃-N mg/kg (at the N levels), (9) NO₃-N kg/ha (at the N levels), (10) AL-soluble P₂O₅ mg/kg (at the P levels), (11) AL-soluble K₂O mg/kg (at the K levels).

Table 2. Effect of NxP supplies on the development of fibre hemp and weeds in 1989. (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring of fibre hemp on May 30th, (6) Percentage cover with fibre hemp on June 8th, (7) Percentage weed cover on June 18th, (8) Average number of weed species per plot on June 8th, (9) Scoring: 1 = poorly developed stand, 5 = very well developed stand, (10) Note: 80% of the weed cover consisted of a single species, *Amaranthus blitoides*.

Table 3. *Effect of NPK supplies on the mean height of fibre hemp in 1989.* (1) Mean height cm, (2) NPK mineral fertilisation levels, (3) Sowing, (4) Emergence, (5) Sampling date, (6) Month, day.

Table 4. *Effect of NxP and NxK supplies on the air-dry yield of fibre hemp in 1989.* (1) N kg/ha annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) At shooting on May 30th t/ha, (6) At a height of 1.5-2.0 cm on June 26th t/ha, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg, (8) Stem + foliage at harvest on Aug. 11th t/ha, (9) Crude stems on Aug. 11th t/ha, (10) Air-dry matter averaged 16% on May 30th, 19% on June 26th and 33% on Aug. 11th, (11) Depending on the treatments, the yield was 0.6-1.3 t/ha on May 30th, 3.5-8.0 t/ha on June 26th, 7.0-12.0 t/ha stem, 8.4-13.4 t/ha air-dry stem + foliage and 25-41 t/ha fresh stem + foliage on Aug. 11th.

Table 5. *Effect of NPK supplies on the plant number at harvest and the fibre yield of fibre hemp in 1989.* (1) Character examined, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) As the result of N (averaged over PK treatments), (6) Plant number/m², (7) Stem length cm, (8) Stem thickness mm, (9) Fibre yield t/ha, (10) As the result of P (averaged over NK treatments), (11) Fibre % of crude stems, (12) As the result of K (averaged over NP treatments), (13) As the result of the treatments the plant density varied from 160-260 plants/m², the technical length of the stem from 180-250 cm, the stem thickness from 4-8 mm, the harl/tow from 17-27 % and the fibre yield from 2.0-3.0 t/ha.

I.KÁDÁR (2004): Mineral fertilisation of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on calcareous chernozem loam soil. II. Summary.

- With improving N supplies there was an increase in the N concentration of the plant organs, and to some extent in that of K, Ca and Cu. Rising P supplies caused an increase in the P, Ca and Mn reserves, while the Zn content declined due to the pronounced P-Zn antagonism. Excessive K supplies led to a 2-3 times increase in the K%, with a consequent reduction in the incorporation of Ca, Mg and Na cations.
- There was a decrease of approximately one order of magnitude in the N, Ca, P, Fe and Mn contents of the young shoots and leaves compared with that in the stems at harvest. The fibres and tow lost even more nutrients, especially K, during retting.
- Optimum nutrient supplies to fibre hemp are represented by values of 4-5% N, 0.4-0.5% P and 4-5% K in the 20-40 cm shoots on May 30th, or by ratios of 0.8-1.2 N/K, 8-12 N/P and 8-12 K/P. The analysis of fully developed young leaves from the 2nd or 3rd leaf zone (100-150 cm stand) on June 26th revealed that the optimum range was 4-5% N, 0.3-0.4% P and 2-3% K, or ratios of 1.5-2.5 N/K, 5-10 K/P and 10-15 N/P.
- A total of 146 kg N, 310 kg K₂O, 221 kg CaO, 35 kg MgO, 46 kg P₂O₅, 2.7 kg Na, 1.4 kg Fe, 580 g Mn, 244 g Zn and 50 g Cu were incorporated into the 13.2 t/ha air-dry yield of leafy stems at harvest. If the leaves are ploughed back into the soil, 61% of the Ca, 56% of the Mg, 53% of the N and 43% of the P can be recycled. Among the micronutrients, Fe was mainly accumulated in the leaves, and Na, Mn, Zn and Cu in the stems.

- The specific element contents in 10 t stems + the associated leaves at harvest ranged from 83-152 kg N, 27-48 kg P₂O₅, 142-323 kg K₂O, 180-220 kg CaO, 37-68 kg MgO, 1.8-2.9 kg Na, 1.0-1.4 kg Fe, 310-604 g Mn, 254-306 g Zn and 48-52 g Cu, as a function of NPK supplies.

- On the basis of data in the literature and the present analyses, the following mean specific parameters are recommended for extension services in Hungary (for the estimation of the nutrient requirements of the planned yield): 100 kg N, 40 kg P₂O₅, 200 kg K₂O, 140 kg CaO and 40 kg MgO. Naturally, Ca and Mg fertilisers will not be required at calcareous locations.

Table 6. *Effect of N supply levels on the element content of air-dry fibre hemp and weeds 1989.* (1) Plant organ sampled, (2) N fertilisation kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Averaged over PK, (6) Shoot, (7) Leaf, (8) Stem, (9) Fibre, (10) Tow, (11) ¹ on 30 May, ² on 12 June (weed shoots), ³ on 26 June, ⁴ on 11 Aug. at harvest, ⁵ on 25 Nov. after retting and scotching (in retted stems), (12) Fe contents mg/kg averaged: 1 on 30 May: 810, 2 on 12 June (weed shoots): 1966, 3 on 26 June: 462 in the leaves, 4 on 11 Aug.: 394 in the leaves, 63 in the stems, 200 in the fibre, 100 in the tow.

Table 7. *Effect of P supply levels on the element content of air-dry fibre hemp and weeds 1989.* (1) Plant organ sampled, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Averaged over NK treatments, (6) Shoot, (7) Leaf, (8) Stem, (9) Fibre, (10) Tow, (11) ¹ on 30 May, ² on 12 June (weed shoot), ³ on 26 June, ⁴ on 11 Aug. at harvest, ⁵ on 25 Nov. after retting and scotching (in retted stems).

Table 8. *Effect of K supply levels on the element content of air-dry hemp and weeds 1989.* (1) Plant organ sampled, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Averaged over NP treatments, (6) Shoot, (7) Leaf, (8) Stem, (9) Fibre, (10) Tow, (11) ¹ on 30 May, ² on 12 June (weed shoot), ³ on 26 June, ⁴ on 11 Aug. at harvest, ⁵ on 25 Nov. after retting and scotching (in retted stems).

Table 9. *Effect of NPK supply levels on the yield and element uptake of fibre hemp 1989.* (1) Plant organ sampled, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Air-dry yield t/ha, (6) Shoot, (7) Leaf, (8) Stem, (9) Total, (10) 1 on 30 May, 2 on 11 Aug. at harvest.

Table 10. *Effect of NPK supply levels on the element uptake of fibre hemp 1989.* (1) Plant organ sampled, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Leaf, (7) Stem, (8) Total, (9) 1 on 30 May, 2 on 11 Aug. at harvest.

Table 11. *Effect of NPK supply levels on the specific element contents of fibre hemp 1989.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) NPK supply levels, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) In 10 t harvested stem and the associated leaves, (7) Note.

Table 12. *Specific element contents of fibre hemp published by various authors (In 10 t air-dry stem and the associated leaves or seeds kg/ha).* (1) Source, year, (2) Mean specific values, (3) whole plant before defoliation, (4) Leafless stems at harvest, (5) Stems + seed at harvest, (6) Minimum-maximum values, (7) Recommended mean values, (8) According to the data in Table 11.

I.KÁDÁR – S. FEKETE – L. RADICS (2003): Effect of mineral fertilisation on the yield and quality of pea (*Pisum sativum L.*). Summary.

- After fertilisation with superphosphate, not only was there an increase in the available P content in the ploughed layer as determined by various methods (ammonium lactate, NaHCO₃, NH₄-acetate+EDTA), but the available Sr reserves almost doubled, since the Sr contamination of the superphosphates applied was as high as 1-2%. K fertilisation increased the available supplies of K, M, Na, Al, Fe, Ba and Ni, while reducing that of Zn. The composition of the 50% potassium chloride only provides an explanation for the accumulation of Na and Mg in the topsoil.
- The effect of N fertilisation was reflected in the increased NO₃-N concentrations and in the reduced reserves of available K. The latter may be related to the higher yield averages achieved on N-fertilised plots, and to the large quantities of K removed from these plots in the course of 17 years.
- At N rates in excess of 100 kg/ha/year the stand became thinner and weed-infested, while there was a reduction in the stem, pod and seed yields. Over-fertilisation with P and K did not lead to yield depression. In the early stages of development the P effect was dominant, while during ripening N and K effects were dominant. The optimum supply levels on this soil amounted to 0-100 kg/ha/year N, 120-130 mg/kg AL-P₂O₅ and 180-190 mg/kg AL-K₂O.
- The crude protein content in the seed yield was 23% in the N control and 30% at the maximum N rate. With the exception of arginine there was a reduction in the quantity of amino acids as the result of N effects. This reduction amounted to a total of 5% for both the essential and the non-essential amino acids. Amino acids made up 97% of the seed protein on N-deficient soil and 87% on soil with excessive N supplies. The P treatments gave no significant modification in the amino acid composition of the seed protein.
- In animal feeding experiments the body mass increase of young rats increased by 2-3 times when they were fed pea seeds rich in P, while their net protein utilisation ((NPU) also improved by 10-15% compared with the P control. N fertilisation had the opposite effect.

*Table 1. Effect of NPK fertilisation on the available nutrient supplies in the ploughed soil layer in 1990 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) Mineral fertilisation, soil analysis, (2) Treatments, fertilisation levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) N kg/ha/year, (6) N kg/ha/17 years, (7) P₂O₅ kg/ha/17 years, (8) K₂O kg/ha/17 years, (9) As the result of P fertilisation (averaged over NK), (10) As the result of K fertilisation (averaged over NP), (11) As the result of N fertilisation (averaged over PK), (12) *Ammonium lactate-soluble according to Egnér et al. (1960), ** NH₄-acetate+EDTA-soluble according to Lakanen and Erviö (1971), *** NaHCO₃-soluble according to Olsen et al. (1954).*

Table 2. Effect of NPK fertilisation on the ground cover with pea and weeds on May 18th 1990 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) Character examined, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) As the result of N% (averaged over PK), (6) Pea, (7) total weeds, (8) As the result of P% (averaged over NK), (9) As the result of K% (averaged over NP), (10) Note: The average number

of weed species decreased significantly from 6.7 to 5.6 as the result of excessive N. As a function of the treatments the pea cover ranged from 40-72%, the total weed cover from 1.2-11.2% and the AMABL cover from 0.2-9.1%.

Table 3. *Effect of NPK fertilisation on the development, weed infestation and yield components of pea in 1990 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhöröcsök).* (1) P and K supplies, (2) N fertilisation, N kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring for pea stand on May 11th, (6) Scoring for weed infestation on May 11th, (7) Pod number 106/ha on June 28th, (8) 1000-seed mass, g on June 28th, (9) *1- thin, underdeveloped stand, 5- dense, luxuriant, well-developed stand, (10) **1- weed-free stand, 5- very weed-infested stand.

Table 4. *Effect of N and P supplies on the air-dry yield of pea in 1990 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhöröcsök).* (1) Character examined, (2) N and P supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) As the result of N (averaged over PK), (6) Shoot, (7) Stem, (8) Pod, (9) Seed, (10) As the result of P (averaged over NK), (11), As the result of K (averaged over NP), (12) ¹ on May 11th, ² green peas on June 18th, ³ dried peas on June 28th, (13) Note: The dry matter content amounted to 11% in the shoot, 19% in the stem of green peas, 14% in the pods and 23% in the seed.

Table 5. *Effect of N fertilisation on the amino acid content of dried peas in 1990 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhöröcsök).* (1) Amino acid, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Essential amino acids (as a % of the protein), (5) Lysine, (6) Leucine, (7) Phenylalanine, (8) Valine, (9) Tyrosine, (10) Isoleucine, (11) Threonine, (12) Methionine, (13) Tryptophane, (14) Cystine, (15) Total, (16) Non-essential amino acids (as a % of the protein), (17) Glutamic acid, (18) Arginine, (19) Asparagine, (20) Serine, (21) Alanine, (22) Proline, (23) Glycine, (24) Histidine, (25) Grand total, (26) Crude protein %.

Table 6. *Effect of NxP mineral fertilisation on the body mass increased and net protein utilisation of rats in feeding experiments (Department of Animal Feeding, University of Veterinary Science).* (1) N fertilisation, N kg/ha/year, (2) P supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Relative increase in body mass gain %, (6) Net protein utilisation (NPU index), (7) Compared with the initial body mass of the rats, after the 10th day, (8) Incorporated % of the crude protein (Nx6.25) consumed, (9) Note: The mean P content of the pea seeds was 0.33, 0.44, 0.49 and 0.52% at the P₀P₁P₂ and P₃ supply levels, respectively.

I.KÁDÁR (2005): Effect of mineral fertilization on the nutrient uptake of pea (*Pisum sativum* L.). Summary.

The investigation sought answers to the following questions: 1. What changes were observed in the mineral composition (macro- and micronutrient content) of pea organs as a function of soil NPK supplies? 2. How did plant nutrient uptake change and what specific parameters should be used by the extension service when calculating the nutrient requirements of the planned yield? 3. Are the plant analysis data suitable for diagnostic purposes, i.e. does the composition of the young shoot serve as an indication of the nutrient status of pea? 4. What happens to nitrogen of mineral fertilizer origin in the soil if not taken up by the crop? How

much of it can be detected in NO₃-N form and how rapidly does it migrate towards the groundwater at this location?

The major results were as follows:

– In this dry year the air-dry mass of dry pea was 1.48 t seed, 0.50 t pods and 0.90 t stalks without fertilization and 2.71 t seed, 0.85 t pods and 1.80 t stalks at the optimum fertilizer rate (N₁P₁K₁). A yield loss of 20–30% was recorded at the N₃P₃K₃ level.

– In the case of N₁P₁K₁, the optimum rate leading to the yield maximum, the young shoots, prior to flowering, contained 3–4% N, 2–3% K and 0.3–0.4% P, with nutrient ratios of approx. 8–12 N/P, 6–10 K/P and 1–2 N/K. The data could serve as the basis for fertilizer recommendations, for diagnostic purposes and for determining the nutrient status of pea.

– Depending on the rate of fertilization, the specific element content of 1 t green peas + by-products amounted to 17–27 kg N, 10–13 kg Ca (14–18 kg CaO), 6–11 kg K (7–13 kg K₂O), 1.7–2.9 kg Mg (3–5 kg MgO), 1.2–2.1 kg P (3–5 kg P₂O₅), 120–140 g Na, 19–24 g Mn, 8–15 g Zn and 4–5 g Cu. These mean specific values could be used to calculate the nutrient requirements of the planned yield and are close to those currently used by the extension service in Hungary.

– The specific nutrient content of dry peas also exhibited considerable fluctuations as a function of mineral fertilization, with values of 47–70 kg N, 20–30 kg Ca (28–42 kg CaO), 15–30 kg K (18–36 kg K₂O), 5–7 kg Mg (8–11 kg MgO), 5–7 kg P (11–16 kg P₂O₅), 490–660 g Na, 80–120 g Mn, 30–50 g Zn and 14 g Cu. These mean specific values could be used to calculate the nutrient requirements of the planned yield and are close to those currently used by the extension service in Hungary.

– On average, 60% of the fertilizer N not taken up by the crop could be demonstrated in NO₃-N form in the 6 m soil profile. By the 17th year of the experiment the leaching of NO₃-N could be detected down to a depth of 5.0–5.5 m, indicating a downward migration rate of approx. 30 cm/year at this location. Any NO₃-N reserves at a depth of over 1 m may contaminate the soil, or the groundwater, if the groundwater is at around that depth.

Table 7. Effect of soil NPK supplies on the element content of air-dry pea in 1990. (1) Plant organs. a) shoot; b) stalk; c) pod; d) seed. (2) NPK supply levels. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. N % at the N levels (averaged over PK). B. P % at the P levels (averaged over NK). C. Mn % at the P levels (averaged over NK). D. Zn (mg/kg) at the P levels (averaged over NK). Note: ¹: on May 11th; ²: green pea on June 8th; ³: dry pea on June 28th.

Table 8. Effect of soil K supplies on the nutrient composition of air-dry pea in 1990. (1), (3)–(4) and Note: see Table 8. (2) (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 9. Effect of soil NPK supplies on the composition of other nutrients in air-dry pea in 1990. (1)–(4): see Table 8.

Table 10. Effect of soil P×K supplies on the Sr content (mg/kg) of air-dry pea in 1990. (1) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. (2) LSD_{5%}. (3) Mean. A. In the shoot on May 11th. B. In the stalk on June 8th. C. In the pod on June 8th. D. In the seed on June 8th.

Table 11. Mean contents of other nutrients in the organs of green pea in 1990. (1) Element symbol, units. (2) Shoot on May 11th. (3) Stalk. (4) Pod. (5) Seed. (6) Green peas on June 8th. Note: –: < 0.1 mg/ kg detection limit (As, Cd, Hg, Pb, Se, V).

Table 12. Mean element uptake of green pea in 1990. (1) Element symbol. (2) Units. (3) Shoot, 0.67 t/ha. (4) Stalk, 1.16 t/ha. (5) Pod, 0.58 t/ha. (6) Seed, 1.18 t/ha. (7) Total, 2.92 t/ha. Note: Dry matter content was 1% in the shoot, 19% in the stalk, 14% in the pod and 23% in the seed for a mean green seed yield of 4.5 t/ha, giving a crude protein yield of 319 kg/ha. *Total: stalk, pod and seed at harvest.

Table 13. Mean element uptake of dry pea on June 28th 1990. (1) Element symbol, units. (2) Stalk, 1.37 t/ha. (5) Pod, 0.62 t/ha. (6) Seed, 1.68 t/ha. (7) Total, 3.67 t/ha.

Table 14. Estimated N balance in the experiment and the quantity of NO₃-N detected in the soil in 1990. (1) Balance items, soil sampling. a) Amount applied; b) Uptake; c) Balance; d) Difference. (2) Annual applied N, kg/ha. (3) Mean N, 150 kg/ha. A. N balance, kg N/ha. B. NO₃-N detected in the soil profile, kg/ha. Note: N balance surpluses detected in NO₃-N form in the soil profile amounted to 35–56–63% compared to the control in the 100–200–300 kg N/ha/year treatments.

L.KÁDÁR – K. BUJTÁS (2004): Effect of mineral fertilisation on the yield and sugar content of triticale on chernozem soil. Summary.

- In the early stage of development P effects were dominant, with moderate, positive N effects, while during the ripening stage P effects were less pronounced and, due to the dry weather in June, N fertilisation resulted in a reduction in the grain yield. The by-product/grain ratio was 1.3 in the unfertilised treatment and 2.2 in the maximum NPK treatment. Over-fertilisation resulted primarily in an increase in the mass of by-products.
- Probably as the result of peas as the forecrop, even plots which had received no fertiliser at all for 18 years gave a grain yield of 5.5 t/ha, or 13.0 t/ha aboveground air-dry biomass. K fertilisation had no effect, and even after over-fertilisation there was no reduction in yield. As the result of NP over-fertilisation the 1000-kernel mass decreased by 10-12%, but there was a similar level of improvement in the quantity of healthy, germinated seeds.
- On this soil, ideally suited to wheat, triticale had only a moderate fertiliser requirement and could be a useful crop for non-intensive farming. Maximum yields were ensured by 100 kg/ha/year N fertilisation and an AL-P₂O₅ supply level of around 130 mg/kg. These data could be used as guidelines for fertilisation recommendations for farms with similar conditions in Hungary.
- The sugar content of the shoots at tillering ranged from 2.5-6.0% as a function of the NP treatments and consisted on average of 1/3 sucrose, 1/3 fructose and 1/3 glucose. As the result of N fertilisation the sucrose content dropped to 74%, the glucose to 68% and the fructose to 42% of the control value. There was also a change in the relative proportions of the sugars. In the NP control, for instance, there was three times as much fructose as sucrose, while this ratio was inverted in the case of NP over-fertilisation.

Table 1. Effect of the treatments on the ammonium lactate-soluble PK supplies of the ploughed layer in 1990. (1) Mineral fertilisation, soil analysis, (2) Treatments of fertilisation levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) év=year(s).

*Table 2. Effect of NxP supplies on the development of triticale and the damage caused by *Oulema sp.* in 1991. (1) N levels, kg/ha/year N, (2) AL-P₂O₅ supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring at the end of tillering on 10 April, (6) Scoring at the beginning of flowering on 5 June, (7) Scoring for *Oulema* damage on 25 June, (8) 1= Thin, under-developed, chlorotic stand, 5= Dense, well-developed, dark green stand, (9) 1= 10% damage to the flagleaf, 3= approx. 30% damage to the flagleaf.*

Table 3. Effect of NxP supplies on the air-dry mass of triticale and on the % air-dry matter in 1991. (1) N levels, kg/ha/year N, (2) AL-P₂O₅ supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Air-dry mass on 10 April, t/ha, (6) Air-dry matter on 10 April %, (7) Air-dry mass on 24 June, t/ha, (8) Air-dry matter on 24 June, %, (9) Note: Depending on the treatment, the green mass ranged from 2.9 t/ha on 4 April and from 23-26 t/ha on 24 June.

Table 4. Effect of NxP supplies on the air-dry mass of triticale at harvest in 1991. (1) N levels, kg/ha/year, (2) AL-P₂O₅ supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Grain t/ha, (6) Straw t/ha, (7) Husks t/ha, (8) Total aboveground biomass, t/ha, (9) Note: The by-product/main product ratio was 1.3 in the control and 2.2 with maximum NPK supplies.

Table 5. Effect of NP supplies on various traits of triticale at harvest in 1991. (1) N levels kg/ha/year, (2) AL-P₂O₅ supply levels mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Plant height cm, (6) 1000-kernel mass g, (7) Healthy germs %, (8) Diseased germs %, (9) The quantity of rotten germs averaged 7%.

Table 6. Effect of NP supplies on the sugar content of air-dry triticale at tillering in 1991. (1) N levels, kg/ha/year, (2) AL-P₂O₅ supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Sucrose, %, (6) Fructose, %, (7) Glucose, %, (8) Total, %.

I.KÁDÁR (2004): Nutrient uptake of triticale in a mineral fertilisation experiment. Summary.

- N fertilisation led to an increase in the incorporation of the macro elements N, K, Ca and S and the microelements Na, Mn, Zn, Sr and Mo into the plant organs. The reserve NO₃-N concentration in the straw at harvest rose 20-fold as the result of excessive rates of N.
- In most plant organs P fertilisation caused an increase in the accumulation not only of P, but also of N, NO₃-N, Ca, Mg, Na, Mn, Sr and Cd, while there was a pronounced drop in the Zn content due to P-Zn antagonism. The high (1-2%) Sr contamination in the superphosphate applied contributed to a doubling of plant Sr uptake.
- K fertilisation resulted in an increase in the K content and a decline in the accumulation of Ca, Mg and Sr, due to cation antagonism. There was also a slight reduction in S incorporation.
- The maximum yield of 7 t grain + 12 t straw and husks, i.e. 19 t/ha aboveground biomass, removed 295 kg N, 183 kg K, 56 kg Ca, 31 kg P, and 20 kg each of Mg and S from the soil. The specific element contents calculated for 1 t grain and the

corresponding by-products ranged from 29-42 kg N, 13-26 kg K (16-31 kg K₂O), 4-8 kg Ca (5-11 kg CaO), 3.6-4.4 kg P (8-10 kg P₂O₅, 1.8-2.6 kg Mg (3-4 kg MgO) and 2-3 kg S, depending on the fertiliser treatment.

- The following values were recorded for the specific microelement content on the given soil, as a function of the treatments: 100-360 g N, 140-200 g Mn, 100-140 g Fe, 25-38 g Ba, 21-38 g Al, 9-33 g Sr, 21-23 g Zn, 12-14 g B, 7-10 g Cu and 0.2-0.4 g Ni and Mo.

- A shoot composition of 4-5% N, 0.3-0.5% P and 2-4% K at the end of tillering can be used as a guideline for the optimum nutritional status of triticale, while ratios of 8-15 for N/P, 6-10 for K/P and 1.5-2.5 for N/K are indicative of balanced nutrient supplies.

Table 7. Effect of N supplies on the element content of air-dry triticale in 1991.

(1) Plant organ, (2) N supplies, N kg/ha annually, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots, (6) Straw, (7) Grain, (8) ¹ At tillering on April 10th, ² At the beginning of ripening on June 24th, ³ At harvest on July 24th.

Table 8. Effect of P supplies on the element content of air-dry triticale in 1991.

(1) Plant organ, (2) AL-P₂O₅ supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots, (6) Straw, (7) Grain, (8) ¹ At tillering on April 10th, ² At the beginning of ripening on June 24th, ³ At harvest on July 24th.

Table 9. Effect of P supplies on the element content of air-dry triticale in 1991.

(1) Plant organ, (2) AL-P₂O₅ supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots, (6) Straw, (7) Grain, (8) ¹ At tillering on April 10th, ² At the beginning of ripening on June 24th, ³ At harvest on July 24th, x – Below the detection limit.

Table 10. Effect of K supplies on the element content of air-dry triticale in 1991.

(1) Plant organ, (2) AL-K₂O supply levels, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoots, (6) Straw, (7) Grain, (8) ¹ At tillering on April 10th, ² At the beginning of ripening on June 24th, ³ At harvest on July 24th.

Table 11. Minimum and maximum element uptake of triticale in 1991. (1) Element symbol, (2) Units, (3) Shoots, (4) Straw, (5) Grain, (6) Combined, (7) Air-dry mass recorded on ¹ April 10th, ² June 24th, ³ At harvest on July 24th, * Below the detection limit, g/ha.

Table 12. Effect of NxP supplies on the element uptake of triticale straw in 1991.

(1) AL-P₂O₅ mg/kg, (2) N supplies, N kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

I.KÁDÁR – L. RADICS (2005): Effect of fertilisation on the yield of grain sorghum (*Sorghum vulgare Pers.*). Summary.

- N fertilisation increased the weed cover at the 4-6-leaf stage from 13% to 31%, while the cover with sorghum declined from 55% to 40%. As P supplies improved there was an increase in the cover of both weeds and sorghum, with a particularly large increase for *Amarathus* species. No effect was observed for K fertilisation.

- The highest grain yield of 4.1 t/ha, or approx. 9.0 t/ha total aboveground air-dry yield, was obtained on plots given no N for 19 years, with P and K supplies of 105 mg/kg AL-P₂O₅ and 128 mg/kg AL-K₂O. N fertilisation caused yield depression, leading to yield losses as high as 50% on P-deficient soil when N was applied at a rate of 300 kg/ha/year. No effect was observed for K fertilisation.

- In extremely dry years, under non-intensive farming conditions, without mineral fertilisation, grain sorghum could be competitive with maize of this type of soil, especially if the juicy stalks are used as fodder or for some other purpose. In comparison, in the same year maize gave a grain yield of 3-4 t/ha on the control plots of the long-term mineral fertilisation experiment at this location.

Table 1. *Effect of NxP supplies on plant and weed cover on 3 July 1992.* (1) N fertilisation, N kg/ha/year, (2) LSD_{5%}, (3) Weed cover, %, (5) % cover with grain sorghum, (6) % cover with *Amaranthus blitoides*, (7) % cover with *Amaranthus retroflexus*. (8) Note: Mean number of weed species decreased from 4.7 to 3.3 as the result of N fertilisation. Other weed species observed: DAT ST, RES LU, CHE AL, CHE HY, AMA AL. Data are the average of K treatments.

Table 2. *Effect of NxP supplies on the development of grain sorghum and the mass of the vegetative organs in 1992.* (1) N fertilisation, N kg/ha/year, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Scoring for the stand development on 1 July, (5) Air-dry shoots, g/20 plants, on 1 July, (6) Air-dry leaves, g/20 plants, on 23 July, (7) Scoring for stand development on 27 August, (8) Scoring: 1 = thin, short, poorly developed stand, 5 = dense, tall, well developed stand. Data are the average of K treatments.

Table 3. *Effect of NxP supplies on the measured parameters of grain sorghum in 1992.*

Table 4. *Effect of NxP supplies on the air-dry yield of grain sorghum at harvest in 1992.* (1) N fertilisation, N kg/ha/year, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Thousand kernel mass, g, (5) Grain, t/ha, (6) Straw + husks, t/ha, (7) Grain+straw+husks, t/ha, (8) Note: the mass of the husks averaged 0.5 t/ha. Data are the average of K treatments.

I.KÁDÁR (2005): Effect of mineral fertilization on the nutrient uptake of grain sorghum (*Sorghum vulgare Pers.*). Summary.

The effect of various N, P and K supply levels and their combinations on the nutrient composition and specific nutrient content of the grain sorghum variety Alföldi 1 was investigated in the 19th year of a long-term mineral fertilization experiment set up in Nagyhörcsök on a loamy calcareous chernozem soil. Answers were sought to the following questions: To what extent can plant nutrient status be predicted by the analysis of young shoots or of leaves prior to flowering? What correlation exists between the results of soil or plant analysis and the yield? What plant diagnostic optimums can be used for scientifically-based fertilizer recommendations?

- The maximum yield of 4.1 t/ha grain and 4.8 t/ha stalk was achieved on plots given 105 mg/kg AL-P₂O₅ and 128 mg/kg AL-K₂O, but which had received no nitrogen for 19 years. N fertilization resulted in yield depression, leading to yield losses of as much as 50% on P-deficient soil in the case of 300 kg N/ha/year in this dry year. K fertilization had no effect. Excessive N supplies stimulated the incorporation of N, S, Mn and Cu into the vegetative organs and inhibited that of Mo, though the quantity of Mo in the decreasing grain yield was three times that of the N control.

– P fertilization increased the concentrations of Ca, Mg, Fe, Mn and Sr in the vegetative plant parts, and sometimes in the grain, while reducing that of K, Zn, Cu and B. The P–Mn and P–Sr synergism became pronounced in the green plant organs and the P–Zn antagonism in all organs. K fertilization led to a sharp decline in the uptake of Ca, Mg, Na and Sr cations due to cation antagonism.

– Optimum nutrient supplies to grain sorghum were indicated by nutrient contents of 2.0–3.0% N, 0.20–0.30% P and 1.5–3.0% K in young 4–6-leaf shoots or in fully developed leaves at heading, and by nutrient ratios of 7–15 N/P and 50–150 P/Zn. These data could be used as guidelines for the extension service.

– In the case of combine harvesting, when only the grain yield is removed from the field, the soil is mainly depleted of N and P. In the present experiment the specific nutrient content of 1 t grain + the corresponding by-products averaged 31 kg N, 6–7 kg P₂O₅, 16–17 kg K₂O, 8 kg CaO and 5 kg MgO. The N and CaO values were in good agreement with current fertilizer recommendations, while the quantities recommended for P₂O₅ and K₂O exceeded the specific values recorded in the experiment by 50% and 80–90%, respectively.

Table 5. Effect of N supplies on the element content of air-dry grain sorghum in 1992. (1) Plant organ. a) shoot; b) leaf; c) stalk; d) grain. (2) N supply levels, kg N/ha/year. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. Note: ¹: on July 1st; ²: on July 23rd; ³: at harvest on Nov. 5th.

Table 6. Effect of soil P supplies on the element content of air-dry grain sorghum in 1992. (1), (3)–(4) and Note: see Table 5. (2) (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg.

Table 7. Effect of soil K supplies on the element content of air-dry grain sorghum in 1992 (Calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1), (3)–(4) and Note: see Table 5. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 8. Effect of soil P×K supplies on the element content of air-dry grain sorghum shoots in the 4–6-leaf stage in 1992. (1) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. (2) LSD_{5%}. (3) Mean.

Table 9. Effect of soil N×P supplies on the Zn content of air-dry grain sorghum in 1992. (1) N fertilization, kg N/ha/year. (2) LSD_{5%}. (3) Mean.

Table 10. Minimum, maximum and mean values of specific nutrient uptake by grain sorghum at harvest in 1992. (1) Element symbol and units. (2) Stalk + husks. (3) Grain yield. (4) Total. (5) Mean specific uptake (1 t grain + by-products).

IKÁDÁR (2004): Effect of mineral fertilisation on the yield of silage maize on chernozem soil with lime deposits. Summary.

- Weed infestation data recorded prior to sowing indicated that the average 2.5% weed cover on the control soil rose nearly 4 times as the result of P fertilisation. The species *Amaranthus blitoides* made up 85% of the weed cover.

- The highest yields (6.7 t grain + 7.5 t stalks + 1.1 t cobs = 15.3 t/ha air-dry aboveground yield) were achieved in treatments provided with 100 kg/ha/year N rates, but given no P fertiliser for 20 years. In this treatment the ploughed layer contained AL-P₂O₅ supplies of 78 mg/kg, classified as “poor” by the Hungarian fertiliser recommendations service. The yield was not influenced by K fertilisation.

- On soil containing 263 mg/kg AL-P₂O₅, classified as “well-supplied”, the mean plant density at harvest dropped from 65,000 to 26,000 per hectare, the 1000-grain mass from 309 to 292 g and the aboveground air-dry matter to a third, 5 t/ha. In agreement with the results of previous analysis, this yield loss could be attributed to Zn deficiency induced by the excessive P. The P/Zn ratio increased from an optimum value of around 100 on the control soil to around 300, both in 4-6-leaf shoots and in the grain yield. Under such conditions, Zn fertilisation is definitely justified.

- The nutrient quantities incorporated in the maximum yield of 6.4 t/ha grain + 6.4 t/ha stalks amounted to 144 kg N, 85 kg K, 30 kg Ca, 25 kg Mg, 19 kg P and 14 kg S. Under the given conditions, the P requirements of maize may be over-estimated by some 50% by the Hungarian fertiliser recommendations. The microelement uptake was found to be 554 g Mn, 237 g Na, 240 g Zn, 86 g Sr, 59 g Cu, 38 g Ba, 36 g B and 5 g Ni per hectare. The uptake of As, Se, Co, Cr, Hg and Cd was below the g/ha detection limit.

Table 1. Effect of NxP supplies on the development of silage maize in 1993 (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörösök). (1) AL-P₂O₅, mg/kg, (2) N fertilisation, N kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring on June 24th (1= poorly, 5= well developed stand), (6) Scoring on Dec. 13th (1= poorly, 5= well developed stand), (7) Plant density on December 15th, 1000 plants/ha, (8) 1000-grain mass on December 16th, g.

Table 2. Effect of NxP supplies on the air-dry yield of silage maize in 1993 (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörösök). (1) AL-P₂O₅ mg/kg, (2) N fertilisation, N kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) 4-6-leaf shoots on July 15th, g/20 plants, (6) Grain, t/ha, (7) Stalks, t/ha, (8) Grain+stalks+cobs, t/ha, (9) Note: The air-dry matter content averaged 12% in 4-6-leaf shoots, 30% in the grain and 35% in the stalks.

Table 3. Effect of P and K supplies on the element content of 4-6-leaf; air-dry maize shoots on July 5th 1993 (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörösök). (1) Element symbol, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) P/Zn ratio, (6) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg, (7) K/Mg ratio, (8) Values of As, Se, Ni, Co, Cr, Hg and Cd were below the 0.1 mg/kg detection limit; S averaged 0.14%.

Table 4. Effect of NPK supplies on the element content of stem 1993.

Table 5. Effect of NPK supplies on the element content of air-dry grains maize on December 15th 1993 (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörösök). (1) Element symbol, (2) NPK supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) As the result of N fertilisation, (6) As the result of K fertilisation, (7) As the result of P fertilisation, (8) P/Zn ratio, (9) Note: Average values of Fe 24, B 1.5, Al 1.4, Sr 0.5 mg/kg, irrespective of the treatment. As, Se, Ni, Co, Hg, Mo, Cr and Cd were below the 0.1 mg/kg detection limit.

Table 6. Nutrient uptake and specific element contents of silage maize in 1993 (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörösök). (1) Element symbol, (2) Units, (3) Grain yield, 6.4 t/ha, (4) Stalk yield, 6.4 t/ha, (5) Total yield, 12.8 t/ha, (6) specific element content, (7) Element content of 1 t grain + relevant by-products,

(8) Note: Uptake of As, Se, Co, Cr, Hg and Cd was below the 0.1 mg/kg detection limit.

I.KÁDÁR (2004): Effect of nutrient supplies on carrots (*Daucus carota L.*) grown on. Summary.

There was only 205 mm rainfall during the 5.5 months of the growing season.– In early May the ground cover with carrot was only 3%, due to slow emergence, while the weed cover (*Amaranthus blitoides*) rose suddenly from 2% to 50–60% as the result of joint PK over-fertilization.

– The maximum 26–28 t/ha root yield was given on plots which had received no nitrogen or phosphorus fertilizer for 21 years and contained 80–100 mg/kg ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and 200–300 mg/kg AL-K₂O in the ploughed layer. At AL-P₂O₅ contents of above 200 mg/kg there was a drastic decline in the yield. In fact, at extreme rates of PK over-fertilization the crop was practically destroyed and the ground became submersed in weeds.

– The plant nutritional status can be traced well by means of leaf analysis at the start of root formation; the optimum concentrations given in the literature can be used as guidelines. The results indicate that the ideal values in air-dry leaves are 2–3% N, 0.3–0.4% P, 3–4% K and 1–3 mg/g NO₃-N, with ratios of 5–10 N/P, 0.5–1.0 N/K, 8–13 K/P and 80–150 P/Zn.

– N fertilization increased the N, NO₃-N and Mn contents in the plant organs and reduced those of S, Ba and Mo. P supplies led to an increase in the P, Sr, Mo and Cd contents and to a decrease in Zn, Cu, Fe and Al. As the result of K supplies there was an increase in K, but a reduction in the other elements tested (N, Ca, Mg, Na, Sr, B, Ni, Cr and Cd) in the leaves and roots.

– Carrots accumulated a total of 113 kg K, 90 kg N, 89 kg Ca, 21 kg Na, 18 kg Mg, 15 kg P, 12 kg S, 2–3 kg Fe and Al, 411 g Mn, 272 g Sr, 160 g Ba, 129 g B, 111 g Zn, 40 g Cu, 8 g Ni, 5 g Cr, 3 g Pb, 1–2 g Co and 0.5 g Cd in 8 t/ha foliage + 24 t/ha roots, i.e. 32 t/ha fresh yield at harvest.

– The specific requirements of 40–15–50–16–16 N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO for 10 t fresh roots + the associated by-products recommended in Hungary was confirmed on the whole by the experimental results. The only exception was the extremely high specific CaO value recorded in the experiment, which could be attributed to the calcareous growing site and the dryness of the year.

*Table 1. Effect of P×K supply levels on the weed infestation of carrots on 5 May 1994. (1) AL-soluble K₂O, mg/kg. a) Mean. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. Total ground cover %. B. Total weed cover %. C. *Amaranthus blitoides* %. D. *Bilderdychia convolvulus* %. E. *Stachus annua* %. Note: The mean number of weed species dropped from 5.1 to 3.8 as the result of N-fertilization.*

Table 2. Effect of P×K supply levels on the fresh yield of carrots in 1994. (1)–(4): See Table 2. A. Foliage on 8 June, g/20 plants. B. Foliage on 7 September, t/ha. C. Roots on 7 September, t/ha. Note: N fertilization resulted in a 2 t/ha reduction in the root yield. K fertilization significantly increased the water content of the foliage

by 2%. The air-dry matter of the foliage averaged 15% on 8 June and 22% on 7 September, and that of the root 13%.

Table 3. *Effect of PK fertilization levels on the yield and weed infestation of carrots in plots with various P supply levels at harvest on 7 September 1994.* (1) P₂O₅ or K₂O, kg/ha/year. (2)–(4): See Table 2. *Note:* The air-dry matter content averaged 13% in the root and 22% in the foliage.

Table 4. *Effect of maintenance NPK fertilization levels on the element content of air-dry carrot foliage on 8 June 1994 prior to root formation.* (1) Element symbol and units. (2) NPK supply levels. (3)–(4): See Table 2. *Note:* The elements As, Hg, Se, Pb and Co were generally below the 0.1 mg/kg detection level. Optimum composition of the foliage (in mg/kg dry matter).

Table 5. *Effect of NPK fertilization levels on the element content of air-dry carrot foliage on 7 September 1994 at harvest.* (1)–(4): See Table 5. *Note:* The elements As, Hg, Se, Co and Mo were generally below the 0.1 mg/kg detection level.

Table 6. *Effect of NPK fertilization levels on the element content of air-dry carrot roots in 1994.* (1)–(4): See Table 5. *Note:* The elements As, Hg, Se, Mo and Pb were generally below the 0.1 mg/kg detection level.

Table 7. *Mean yield and element uptake of carrot at harvest in 1994.* (1) Element symbol and units. (2) Foliage yield. (3) Root yield. (4) Total yield. (5) Specific element content. *Note:* *Element content of 10 t fresh root yield and the associated foliage. The uptake of As, Hg, Se and Mo was around or below the 1 g/ha detection level. The air-dry matter content averaged 13% in the root and 22% in the foliage.

IKÁDÁR (2005): Mineral fertilisation of rye (*Secale cereal L.*) on calcareous chernozem soil. Summary.

- In the early stages of development NxP interactions were dominant and the shoot mass increased four times compared with the unfertilised control. No yield depression was observed. At maturity the maximum 4.6 t/ha grain yield was obtained with 100 kg/ha/year N fertiliser and AL (ammonium lactate)-soluble P₂O₅ supplies of 105 mg/kg. A joint excess of NP, combined with drought in July, resulted in the grain yield dropping to 2.6 t/ha, the level of the control, which received no NP fertilisation for 22 years.
- The grain: straw ratio increased to 1:2.5 and the grain: straw + husks ratio to 1:3.0 on this good wheat soil. The straw mass ranged from 6-12 t/ha and the total aboveground air-dry biomass from 9-18 t/ha, depending on the treatment. A biomass of this magnitude can be achieved without any great addition of fertiliser or plant protection agents at similar locations poorly or moderately well supplied with available P and K, even in dry years. Rye can also be grown as an alternative “non-food” crop, e.g. as an energy source. The results are only valid for a single year, so the role of year effects remains to be clarified.
- Mineral fertilisation modified the mineral composition of the plant organs. The grain yield accumulated most of the N, P, Zn, Ni, Cr and Cd, while the remaining 14 elements exhibited greater accumulation in the straw. The specific element content of 1 t grain + the relevant by-products was found to be 28-16-32-7-5 kg of N-P₂O₅-K₂O-CaO-MgO. In the case of combine harvesting, if the by-products remain in the field, fertiliser recommendations can be based on specific contents of

18-10-8-1-2 kg for these elements. The addition of Ca and Mg is superfluous on calcareous soils, as is that of K, N and P on heavier soils moderately well supplied with these elements, particularly under non-intensive conditions.

Table 1. *Effect of NxP supplies on rye development in 1995.* (1) N fertilization, N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring for stand development on 24 April, (6) Air-dry shoot mass on 24 April, (6) Air-dry shoot mass on 24 April, t/ha, (7) Rye cover % on 31 May, (8) 1= very poor, 5= very good stand development. Data averaged over the K treatments.

Table 2. *Effect of NxP supplies on the yield components of rye in 1995.* (1) N fertilization, N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) No. of spikes/m², (6) 1000-grain mass g, (7) Plant height, cm, (8) Note: Data averaged over the K treatments.

Table 3. *Effect of NxP supplies on the air-dry yield of rye in 1995.* (1) N fertilization, N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Grain t/ha, (6) Straw t/ha, (7) Grain+straw+husks, t/ha, (8) Straw+husks/grain ratio, (9) Husk yield averaged 1.0 t/ha (0.8-1.3 t/ha). Data averaged over the K treatments.

Table 4. *Effect of mineral fertilization on the element content of air-dry rye straw in 1995.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) NPK supply levels, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) As the result of N (averaged over PK treatments), (7) As the result of P (averaged over NK treatments), (8) As the result of K (averaged over NP treatments), (9) Note: Quantities of As, Hg, Co, Cd and Cr were below the 0.1 mg/kg detection limit. Quantities of S, Fe and Al averaged 934, 50 and 24 mg/kg, respectively, regardless of the treatment.

Table 5. *Effect of mineral fertilization on the element content of air-dry rye grains in 1995.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) NPK supply levels, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) As the result of N (averaged over PK treatments), (7) As the result of P (averaged over NK treatments), (8) As the result of K (averaged over NP treatments), (9) Note: Quantities of Hg, As, Pb and Co were below the 0.1 mg/kg detection limit. Quantities of Mg, Fe, Al, B and Ni averaged 1393, 72, 41, 1.1 and 0.62 mg/kg, respectively, regardless of the treatment.

Table 6. *Nutrient uptake of the maximum rye yield obtained in the 100 kg/ha/year treatment in 1995.* (1) Element symbol, (2) Units, (3) Grain, 4.4 t/ha, (4) Straw+husks, 11.5 t/ha, (5) Total, 15.9 t/ha, (6) Specific element content, (7) Element content of 1 t grain + relevant by-products.

I.KÁDÁR (2007): Long-term experiments on NxP interactions in rye. Summary.

- In the early stages of development NxP interactions were dominant, and the shoot mass rose to four times the level of the unfertilized control. No yield depression was observed. At maturity the greatest grain yield of 4.6 t/ha was achieved with 100 kg/ha/year N fertilization, together with a supply level of 105 mg/kg AL(ammonium lactate)-soluble P₂O₅. In response to excessive supplies of N and P the grain yield dropped to 2.6 t/ha, similar to that recorded in control plots given no NP fertilizer for 22 years, due to the drought in July.

- In response to N fertilization, not only was there a multiple increase in the shoot mass at shooting, but the content of all the macro- and microelements detected also rose, with the exception of P and Ba. The trace elements, As, Cd, Co, Hg, Ni, Pb and Se remained below the 0.1 mg/kg detection level. On the N control plots a deficiency of N, Ca, Mg, Zn, Cu and B was observed in the shoots, from the diagnostic point of view, while the contents of these elements rose to the optimum level reported in the literature when N supplies were satisfactory.
- Improvements in the P-supplying capacity of the soil enhanced the incorporation of P, while reducing that of N, Mn, Zn, Cu and especially B. The P/Zn ratio rose from 132 on the P control soil to 265 after P fertilization, indicative of an excess of P and a relative deficiency of Zn.
- In response to the pronounced NxP interactions there were differences of an order of magnitude in the element accumulation at shooting in the various fertilization treatments. Compared with the NP control, for example, plentiful supplies of NP caused an 8 times increase in Mg uptake, a 15 times increase in that of Sr and an 85 times increase in that of Na.
- The aboveground biomass at shooting was barely 1/3 of that at harvest, but its N content exceeded that of the grain + straw by 13%, the K and Ca content by 75% and the Na content by 247%. By contrast, surpluses of 20-40% for B, Cr and Mn, around 50% for Sr, Cu and S, 136% for Zn, 168% for Mo and 266% for Ba were observed at harvest, at harvest, Cd could also be detected in the grain, and Ni and Se in the straw.

Table 7. Effect of N mineral fertilization on the element content of air-dry rye at tillering on April 24th 1995, averaged over the PK treatments. (1) Element symbol, (2) Units, (3) N fertilization, N kg/ha/year, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Shoot, (7) Note: Contents of As, Cd, Co, Hg, Ni, Pb and Se remained below the 0.1 mg/kg detection limit.

Table 8. Effect of P and K supplies on the element content of air-dry shoots of rye at tillering on April 24th 1995. (1) Element symbol, (2) Units, (3) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) Averaged over K treatments, (7) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O mg/kg, (8) Averaged over P treatments

Table 9. Effect of NxP supplies on the element content of air-dry rye at tillering on April 24th 1995, averaged over the K treatments. (1) N fertilization, N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

Table 10. Effect of mineral fertilization on the quantity of elements incorporated into the shoots of rye at tillering on April 24th 1995, averaged over the PK treatments. (1) Element symbol, (2) Units, (3) N fertilization, N kg/ha/year, (4) LSD_{5%}, (5) Mean.

Table 11. Effect of NxP supplies on the element uptake of air-dry shoots of rye at tillering on April 24th 1995. (1) N fertilization, N kg/ha/year, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean.

Table 12. Element uptake of yields obtained on soil with satisfactory NPK supplies in 1995. (1) Element symbol, (2) Units, (3) Grain, 4.4 t/ha, (4) Straw + husks, 11.5 t/ha, (5) Total, 15.9 t/ha, (6) Shoot, 4.8 t/ha, (7) Below the detection limit.

I.KÁDÁR (2005): Effect of mineral fertilization on millet (*Panicum miliaceum L.*) grown on chernozem soil. Summary.

– The ground cover with millet at the end of tillering ranged from 40–80%, depending on the N×P treatments, being reduced by N fertilization and increased by P fertilization. The average cover with the dominant weed species, *Amaranthus blitoides*, was between 1 and 6% in the N×P treatments (being reduced by N and increased by P). Plant cover was also significantly improved by K fertilization.

– By harvest, PK effects were no longer significant in the seed yield, while the 100 kg/ha/year N treatment led to an increase of 20% in the grain yield and 30% in the straw yield. The grain yield surplus could be attributed to an increase in the number of seeds per spike, while the thousand seed mass, which averaged 7.7 g, was not modified by the treatments. In the absolute control, the air-dry biomass amounted to 3.8 t grain + 3.3 t straw = 7.1 t/ha, while in soil given 100 kg/ha/year N, with optimum supplies of 105 mg/kg AL-P₂O₅ and 200 mg/kg AL-K₂O, these figures were 5.3 t grain + 6.5 t straw = 11.8 t/ha.

– N fertilization increased the incorporation into the straw of nitrogen, phosphorus and most cations, while P supplies led to almost double the concentration of P and Sr, but to a decrease in Zn. The P/Zn ratio increased from 75 on the P control soil to 267 on soil with excessive P supplies, suggesting a latent Zn deficiency. K fertilization promoted the incorporation of potassium, but inhibited that of the other cations examined, due to cation antagonism.

– As regards the grain composition, N fertilization caused a substantial increase in the N, S, Mn and Cu contents. P supplies improved the accumulation of N, P, Mg, Ca, Mn, Cu and Sr, while that of Fe, Zn and B was inhibited. The P/Zn ratio increased from 148 in the P control to 308 in treatments with excessive P supplies. The As, Hg, Cd, Co, Cr, Pb, Se and Mo contents remained at or below the 0.1 mg/kg detection limit in the air-dry seed and straw.

– Millet can be classified as a crop with a high nutrient requirement. The maximum quantities of nutrients absorbed were 200 kg/ha for N and K₂O and 70 kg/ha for P₂O₅ and MgO. The composition of the grain and especially of the straw fluctuated over a wide range. The specific element content of 1 t grain + the corresponding by-products was 20–40 kg N, 20–38 kg K₂O, 9–14 kg P₂O₅, 7–13 kg MgO and 5–10 kg CaO, depending on the NPK supplies of the soil. Mean specific values of 30–12–30–8–10 = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO can be recommended by the extension service when estimating the nutrient requirements of the planned yield, in order to avoid the distorting effect of luxury uptake.

Table 1. Effect of N×P supplies on the weed infestation of millet on 16 June 1996.

(1) N fertilization, kg N/ha/year. a) Mean. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. Total cover (millet + weeds), %. B. Millet cover, %. C. Weed cover, %. D. *Amaranthus blitoides* cover, %. Note: cover with *Amaranthus retroflexus* averaged 0.5%. Data are the means of the K treatments.

Table 2. Effect of K supplies on the development and yield of millet 1996.

(1) Parameters tested. A. Plant cover, %. a) Total; b) millet; c) weeds; d) *Amaranthus blitoides*; e) 1st scoring (15 June); f) 2nd scoring (27 Aug.); g) height, cm (27 Aug.). B. Air-dry yield at harvest, t/ha; h) seed; i) straw + husks; j) total. (2) AL-soluble

K₂O, mg/kg. (3)–(4): see Table 2. *Note:* Scoring: 1 = poorly, 5 = well-developed stand. Data are the means of the NP treatments.

Table 3. *Effect of N×P supplies on the development of millet in 1996.* (1)–(4): see Table 1. A. Scoring in the 4–6-leaf stage (15 June). B. Scoring at harvest (27 Aug.). C. Plant height at harvest (27 Aug.), cm. *Note:* Scoring: 1 = poorly, 5 = well-developed stand. Data are the means of the K treatments.

Table 4. *Effect of N×P supplies on the yield of air-dry millet on 28 August 1996.* (1)–(4): see Table 2. A. Seed, t/ha. B. Straw + husks, t/ha. C. Total aboveground biomass, t/ha. D. Seed, g/spike. *Note:* Data are the means of the K treatments. Thousand seed mass was 7.7 g irrespective of the treatments. Total air-dry biomass was 3.8 t grain + 3.3 t straw = 7.1 t/ha in the absolute control (N₀P₀K₀) and 5.3 t grain + 6.5 t straw = 11.8 t/ha in the optimum (N₁P₁K₁) treatment.

Table 5. *Effect of NPK supply levels on the element content of air-dry millet straw + husks in 1996.* (1) Element symbol and units. (2) NPK supply level. (3)–(4): see Table 1. A. B. C: As the result of N, P and K treatment (means of the PK, NK and NP treatments, respectively).

Table 6. *Effect of NPK supply levels on the element content of air-dry millet grain in 1996.* (1)–(4): see Table 5.

Table 7. *Mean yield and element uptake of air-dry millet at harvest in 1996.* (1) Element symbol and units. (2) Straw + husks. (3) Grain. (4) Total yield. (5) Specific element content (element content of 1 t grain and the corresponding by-products). *Note:* The listed elements were at or below the g/ha detection limit.

Table 8. *Yield and element uptake of millet in the control and over-fertilized treatments.* (1)–(5): see Table 7.

I.KÁDÁR (2005): Effect of mineral fertilization on the yield and element uptake of bean (*Phaseolus vulgaris L.*). Summary.

– Fertilization rates of up to 100 kg/ha/year N and supply levels of up to 175 mg/kg ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and 200 mg/kg AL-soluble K₂O proved favourable for shoot development. The straw yield at harvest increased from 1.7 t/ha in the control to 3.2–3.6 t/ha. As the result of severe atmospheric drought, the seed yield was only around 1.2 t/ha, irrespective of the treatments.

– N fertilization increased the N, Mn and Cu contents of plant organs, while reducing those of Ca, S, P, B, Zn and Sr. P supplies led to an increase in P and Sr incorporation, while that of Zn was inhibited. As the K supplies improved, pronounced K/Mg antagonism was observed, with an increase in K% at the expense of the Mg content.

– The stems and leaves accumulated the larger part of the macro- and microelements, but a decisive proportion of the N, P and Zn was incorporated into the seed yield. Taking the present results and data from the literature into consideration, rates of 60–20–30–10 kg = N–P₂O₅–K₂O–CaO–MgO can be recommended for the extension service when calculating the nutrient requirements of 1 t seed yield and the corresponding by-products. As beans cover most of their N requirements from the atmosphere, the N fertilizer can be reduced to half or a third. In crop rotation on calcareous soils satisfactorily supplied with phosphorus and potassium, fertilization with P, K, Ca and Mg may also be unnecessary in the

case of combine harvesting, when the by-products remain in the field, so that loss of these elements is negligible.

Table 1. *Effect of N×P supplies on the plant cover on 10 June 1997.* (1) AL-soluble P₂O₅, mg/kg. a) Mean. (2) N fertilization, kg N/ha/year. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. Amaranthus blitoides cover, %. B. Millet cover, % (voluntary emergence). C. Bean cover, %. D. Total plant cover, %. *Note:* Data are the means of the K treatments.

Table 2. *Effect of N×P supplies on the development of beans and on their parameters at harvest in 1997.* (1)–(4): see Table 1. A. Scoring at a height of 20–30 cm (10 June). B. Scoring at flowering (2 July). C. Scoring at harvest (28 August). D. Air-dry stem yield, t/ha. E. Thousand seed mass, g. F. Air-dry seed yield. *Note:* Data are the means of the K treatments. In the absolute control (N₀P₀K₀) a yield of 1.0 t/ha seed and 1.7 t/ha stem+leaves was recorded.

Table 3. *Effect of K supplies on the development and yield of bean in 1997.* (1) Parameters. a) weeds; b) beans; c) total; d) stems+leaves; e) seed; f) average. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. (3)–(4): see Table 2. A. Scoring: 1 = poorly, 5 = well-developed stand. B. Plant cover % on 10 June. C. Air-dry yield at harvest, t/ha. D. Thousand seed mass, g. *Note:* Data are the means of the NP treatments.

Table 4. *Effect of NPK supply levels on the element content of air-dry bean stems + leaves at harvest.* (1) Element. (2) NPK supply level. (3)–(4): see Table 2. A. B. C: As the result of N, P and K treatment (means of the PK, NK and NP treatments, respectively). *Note:* Average values for Fe, Al and Mn: 200, 140 and 27 mg/kg.

Table 5. *Effect of NPK supply levels on the element content of the air-dry seed yield of bean at harvest 1997.* (1)–(4), A–C: see Table 4.

Table 6. *Element uptake and mean specific element content of beans in 1997.* (1) Element symbol and units. (2) Stem + leaves, 2.7 t/ha. (3) Seed yield, 1.2 t/ha. (4) Total, 3.9 t/ha. (5) *Specific element content of 1 t grain and the corresponding by-products.

I.KÁDÁR – J. SCHILL (2004): Mineral fertilization of italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) on chernozem soil. Summary.

In the experimental years (1998 and 1999) the quantity and distribution of rainfall was favourable, with 682 mm in 1998 and 432 mm in the first half of 1999, representing 20–30% more than the many-year average.

The main results can be summarized as follows:

– As the result of N fertilization the NO₃-N reserves in the 0–60 cm soil layer rose to almost five times the value recorded in spring. There was a slight increase in the available Na reserves in the ploughed layer. A tripling of the available P content was observed after P fertilization and of the K content after K fertilization, using both analytical methods (EGNÉR et al., 1960; LAKANEN & ERVIÖ, 1971). The approx. 2% Sr content in the superphosphate applied led to a significant increase in the available Sr content of the ploughed layer.

– No significant K effects were observed for Italian ryegrass on this loam soil with moderate potassium supplies. In the early stages of development, prior to

flowering, however, pronounced NP effects were recorded: there was a doubling of the plant cover and average plant height at an N rate of 300 kg/ha/year and at an AL-P₂O₅ supply level of 173 mg/kg, compared with the control.

– In the first year neither N rates in excess of 200 kg/ha/year nor AL-P₂O₅ supplies of 173 mg/kg resulted in a significant increase in yield at flowering. Combined NP fertilization, however, increased the green mass from 17 t/ha in the control to 40 t/ha, while the hay yield rose from 3.8 t/ha to around 7 t/ha.

– In the second year the P effects diminished or disappeared altogether. In time, Italian ryegrass was capable of satisfying its P requirements even without P fertilization, despite the poor phosphorus supplies in the soil. By contrast, the N-supplying capacity of the soil was drastically reduced. The hay yield on the N-control soil amounted to 2.6 t/ha, compared with 12 t/ha in the treatment given 200 kg/ha/year.

– At maturity the Italian ryegrass lost more than half its air-dry mass when the leaves withered and fell, especially in treatments given plentiful supplies of nitrogen. The greatest yields were recorded at flowering in the 2nd year. The air-dry matter % rose with the age of the plant, but declined to an ever greater extent with an increase in the N fertilizer rate, counteracting the aging process.

– In terms of specific efficiency, the 100 kg/ha/year N rate proved the most economical, giving hay surpluses of 1.3 t/ha in the first year and 7.4 t/ha in the second. Each kg nitrogen resulted in an extra 110 kg green mass and 13 kg hay in the 1st year, while these figures were 220 kg and 74 kg in the 2nd year.

– The feed quality was modified decisively by N fertilization, though the ash quantity was also increased by K fertilizer. High rates of N doubled the crude protein %, which thus approached that of alfalfa flour. The increase in the crude fibre and the decrease in the N-free extract were also significant. At flowering in the 1st year the maximum yields of crude fat, ash, crude protein, crude fibre and N-free extract amounted to 170, 550, 1280, 1600 and 2300 kg/ha, respectively.

*Table 1. Effect of the treatments on the available nutrient contents of the ploughed layer in 1999. (1) Mineral fertilization, soil analysis. (2) Fertilizer levels (treatments). (3) LSD_{5%}. (4) Mean. Note: LE = NH₄-acetate + EDTA-soluble (LAKANEN & ERVIÖ, 1971); AL = ammonium lactate-soluble (EGNÉR *et al.*, 1960); *NO₃-N kg/ha in the 0–60 cm layer prior to fertilization in spring.*

Table 2. Effect of N×P supply levels on the development of Italian ryegrass prior to flowering on 4 June 1998. (1) N fertilization, kg N/ha/year. (2) LSD_{5%}. (3) and a): Mean. A. Plant cover, %. B. Plant height, cm. C. Stand scoring for development. Scoring scale: 1 = Very poorly, 2 = poorly, 3 = moderately well, 4 = well, 5 = very well developed stand.

Table 3. Effect of N×P supply levels on the yield of Italian ryegrass at flowering in the first year on 16 July 1998. (1)–(3): see Table 2. A. Green mass, t/ha. B. Air-dry mass, t/ha. C. Air-dry mass, %.

Table 4. Effect of N×P and N supply levels on Italian ryegrass in the second year at flowering (10 June 1999) and at maturity (12 July 1999). (1)–(3): see Table 2. (4) Plant traits: a) Green mass, t/ha; b) air-dry mass, t/ha; c) air-dry mass, %; d) plant height, cm; e) spike length, cm. (5) Traits recorded at maturity as an average

of the PK treatment. A. Green mass at flowering, t/ha. B. Air-dry mass at flowering, t/ha. C. Air-dry mass at flowering, %.

Table 5. *Effect of N fertilizer on the yield and feed value of Italian ryegrass at flowering in the first year on 16 July 1998 (1st cut).* (1) Plant trait, units. a) Green mass, t/ha; b) air-dry mass, %; c) air-dry mass, t/ha; d) ash, %; e) crude protein, %; f) crude fibre, %; g) N-free extract, %. (2) N fertilization, kg/ha. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. *Note:* On average the water content was 8.1% and the crude fat content 2.7%. Calculation of N-free extract: 100 – (water + ash + crude protein + crude fibre + crude fat).

IKÁDÁR (2004): Nutrient uptake of italian ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) in a long-term mineral fertilization experiment. Summary.

– No significant K effects were observed. In the first year P fertilization resulted in a yield surplus of 20–24%. In the 2nd year only N effects were recorded; without nitrogen the yields declined by 70–80%. During its long vegetation period, Italian ryegrass was able to satisfy its P and K requirements even without fertilization on this loam soil, which was poorly supplied with phosphorus and moderately well supplied with potassium.

– As the plant aged there was generally a decline in the element concentrations in the plant tissues. This was counteracted by high N rates, which improved the incorporation of N, Ca, Mg, S, P, Na, Mn, Sr and Cu. At an annual N rate of 200 kg/ha, the NO₃-N concentration was in excess of the permitted 0.25% level. As the soil P supplies improved, there was an increase in the P, Na, Mn and Sr contents and a reduction in the Zn content, as the result of P–Zn antagonism. The antagonistic effect of K fertilization was observed in the case of the Ca, Mg, Na and Sr cations and in the uptake of B. Only the accumulation of K and Ba was stimulated by K fertilizer.

– Plant nutritional status can be characterized by the element concentrations in the aboveground shoots at flowering. The limit values recorded in the literature (BERGMANN, 1992) for the first cut can be used as guidelines for fertilizer recommendations. On the basis of the present data these limit concentrations have been modified, and values have also been established for the 2nd year, or 2nd cut. These are some 30–40% lower in the case of macroelements than those given for the 1st cut.

– If there is sufficient rainfall and the soil nutrient supplies are adequate, the element uptake of a 10–12 t/ha hay yield of Italian ryegrass in each cut may amount to around 360 kg K₂O, 245 kg N, 100 kg CaO, 37 kg MgO, 66 kg P₂O₅, 25 kg S, 7 kg Na and 1 kg Fe per hectare.

– The specific nutrient requirements for 1 t air-dry hay yield may differ as a function of the soil NPK supplies and the year/cut. In the first cut the average element contents were 26 kg N, 30 kg K, 6 kg Ca and 2 kg each of Mg and P, while in the 2nd cut in the 2nd year these values were 14 kg N, 20 kg K, 4 kg Ca, 1.5 kg P and 1.2 kg Mg in each tonne of air-dry hay yield. These data could be used by the fertilizer recommendation service as guidelines for calculating the nutrient requirements of the planned yield.

Table 6. *Effect of N supply levels on the yield and air-dry matter % of Italian ryegrass at flowering and maturity.* (1) Phenophase. a) Flowering (16 July 1998); b) flowering (10 June 1999); c) maturity (12 July 1999). (2) N fertilization, kg N/ha/year. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. Green mass, t/ha. B. Air-dry matter, %. C. Air-dry mass (hay), t/ha. *Remark:* In the 1st year P fertilization resulted in 20–24% surplus yield.

Table 7. *Effect of N supply levels on the element content of Italian ryegrass.* (1)–(4): see Table 6.

Table 8. *Effect of P supply levels on the element content of Italian ryegrass.* (1), (3)–(4): see Table 6. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg. *Note:* Other elements on average. As, Hg and Pb were below the 0.1 mg/kg detection limit.

Table 9. *Effect of K supply levels on the element content of Italian ryegrass.* (1), (3)–(4): see Table 6. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 10. *Use of plant analysis to judge adequate element supply levels for Italian ryegrass at flowering.* (1) Element symbol, units. (2) Min.–max. in the 1st year. (3) Recommended optimum (optimum concentrations recommended on the basis of current data and those in the literature). (4) Min.–max. in the 2nd year. (5) Recommended optimum in the 2nd year.

Table 11. *Minimum and maximum element uptake of Italian ryegrass at flowering and maturity.* (1) Element. (2) At flowering in the 1st year. (3) At flowering in the 2nd year. (4) At maturity in the 2nd year.

Table 12. *Specific element requirements of Italian ryegrass hay at flowering.* (1) Element symbol, units. (2) 1st cut on 16 July 1998. (3) Minimum. (4) Maximum. (5) Mean. (6) 2nd cut on 10 June 1999. *Note:* The experimental site had poor supplies of P and Zn, moderately good supplies of N, K, Cu and B, and satisfactory supplies of Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Al, Sr and Ba.

LKÁDÁR – L. RADICS – H. DAOOD (2004): Mineral fertilization of spinach (*Spinacea oleracea L.*) on chernozem soil. Summary.

– The fresh mass of the aboveground shoots/rosette at harvest was 7–15 t/ha, while the air-dry matter yield ranged from 1.7–3.6 t/ha as a function of the N×K supply levels. The maximum yield was obtained using 100 kg/ha/year N fertilization in treatments with ammonium lactate (AL)-soluble K₂O supplies of around 200 mg/kg. Nitrogen rates of 200 and 300 kg/ha/year caused no further increase in the leaf yield, but the NO₃-N concentration in the leaves rose to such an extent that they were unsuitable for human consumption. On plots with good potassium and nitrogen supplies, the shoots contained more water and were more resistant to drought. An increase in the P supplies in the soil stimulated emergence and initial development, but had no influence on the yield at harvest, despite the poor P supplies of the growing site.

– The quantity of oxalic acid in the air-dry leaves dropped from 3.3% to 1.3% as the result of combined PK fertilization. The average air-dry matter content of the leaves was 20%. The favourable effect of K fertilization can be attributed in part to the dilution effect caused by the increase in yield.

– The occurrence/cover of the dominant weed species, *Amaranthus blitoides*, exhibited a 10–12 times increase as the result of P fertilization, while it dropped

by 3% after K fertilization in early May, when an over-abundance of N increased the weed cover with this species.

– In general there was an increase in the concentration of macro-elements and a decline in that of microelements in the shoot as the N and P supplies in the soil increased. With the exception of Na, K fertilization generally reduced the incorporation of other metals and cations.

– The following element quantities were required by spinach on average for the development of 1 t air-dry aboveground shoots (round figures): 37 kg N, 27 kg K (32 kg K₂O), 31 kg Ca (43 kg CaO), 15 kg Mg (25 kg MgO), 4 kg S, 2.5 kg P (6 kg P₂O₅), 1.4 kg Fe, 1.2 kg Al and Na, 321 g Mn, 75 g Sr, 44 g B, 18 g Zn, 14 g Ba and 6 g Cu. The exceptionally high specific uptake of Ca and Mg could be explained partly by the dry weather, the low yield, the rapid aging and the calcareous nature of the growing site.

Table 1. Effect of P×K supply levels on the development of spinach and on its oxalic acid content in 2000. (1) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. a) Mean. (2) LSD_{5%}. (3) Mean. A. Scoring for emergence (on 28 April) (1 = 20%, 5 = 100% emergence). B. Scoring on 20 June (1 = thin, poorly developed stand; 5 = dense, well developed stand). C. Scoring on 10 July (1–5: see B). D. Oxalic acid in the air-dry matter on 10 July, %.

Table 2. Effect of P×K supply levels on the plant cover on 11 May 2000. (1)–(4): see Table 1. A. Spinach ground cover %. B. *Amaranthus blitoides* (AMA BL) ground cover %. C. Total plant cover %. *Note:* An over-abundance of N reduced the spinach ground cover from 5% to 3%, but increased that of AMA BL from 5% to 10% and the total plant cover from 12% to 15%.

Table 3. Effect of N×K supply levels on the yield of spinach on 10 July 2000 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörösök). (1) N fertilization, kg N/ha/year. a) Mean. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. Fresh shoots, t/ha. B. Air-dry matter, %. C. Air-dry matter, t/ha.

Table 4. Effect of N supply levels on the element content of air-dry spinach shoots on 10 July 2000 (Calcareous chernozem soil, Nagyhörösök). (1) Element symbol and units. (2) N fertilizer, kg N/ha/year. (3)–(4): see Table 1. *Note:* Optimum composition of the leaves.

Table 5. Effect of P supply levels on the element content of air-dry spinach shoots on 10 July 2000. (1) Element symbol and units. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg. (3)–(4): see Table 1. *Note:* Optimum composition of the leaves.

Table 6. Effect of K supply levels on the element content of air-dry spinach shoots on 10 July 2000. (1) Element symbol and units. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg. (3)–(4): see Table 1. *Note:* Optimum composition of the leaves.

Table 7. Effect of NPK supply levels on the element uptake of spinach shoots on 10 July 2000. (1), (3)–(4): see Table 4. (2) NPK supply levels. A. As the result of N fertilization. B. As the result of P fertilization. C. As the result of K fertilization. *Note:* Cd around 1 g/ha, Mo around 0.2 g/ha on average.

T. NÉMETH, – G. KOVÁCS – I. KÁDÁR (1987/88): NO₃⁻, SO₄²⁻ and „Water Soluble Salts” Accumulation in the Soil Profile of a Long-Term Fertilization Experiment. Summary

The distribution of KCl-soluble NO₃⁻ and SO₄²⁻ and of “total salt” /estimated on the basis of electrical conductivity/ in the soil profile was examined on a calcareous chernozem soil formed on loess, at various levels of N, P and K fertilization. At the growing site the average mean temperature was 10.9 °C and the average annual quantity of precipitation was 550-600 mm. The groundwater was located at a depth of 13-15 m and had no effect on the profile studied. During the 11th and 12th years of the long-term fertilization experiment, after harvesting (in August 1984 and 1985) samples were taken from the profile at every 20 cm to a depth of 3 (1984) or 6 (1985) metres. The results of the analyses can be summarized as follows:

- As a function of seepage, the moisture content of the soil gradually decreased from the 14-17 % measured in the ploughed layer to 4-5 % at a depth of 5-6 m.
- The maximum NO₃-N accumulation was found between 60 and 200 cm in the intensively fertilized treatments and the curves differed significantly from each other. In the 300 kg N/ha/year treatment, for example, 455 kg/ha NO₃-N accumulated in the 0-1 m layer, 600 kg/ha in the 1-2 m layer, and more than 1300 kg N/ha in the 0-3 m layer (this was 10-times more than was measured in the control plots).
- The maximum SO₄²⁻ (KCl) accumulation was observed again between 60 and 200 cm. As the result of the 10-15 t/ha superphosphate fertilizer application in the course of 11 years, the SO₄²⁻ accumulated in the 0-3 m layers were 2-2.5-times as great as those in the control plot, rising from 700 kg/ha to 1500-1600 kg/ha.
- No NO₃-N enrichment could be observed in the deeper layers of soils in the control and 100 kg N/ha/year treatments. The data of N balances indicates that on N-fertilized plots the average annual N uptake by the plants was around 150-160 kg N/ha. 30-50 % of the surplus N was found in the investigated soil layer, in the form of NO₃-N. The proportion of NO₃-N accumulated in the soil increased parallel to the degree of over-fertilization.
- Estimations show that 20-40 % of the SO₄²⁻ quantity not taken up by the plants can accumulate in the form of SO₄²⁻ (KCl) in the soil. There appeared to be a decrease in the proportion of SO₄²⁻ found in the soil as the fertilizer rate increased .
- In the 11th and 12th years of the experiment the accumulation zone of NO₃⁻, SO₄²⁻ and “total salt” reached a depth of 3.5-4 m. This is equivalent to an annual downward movement of 20-30 cm. Further measurements will be required to determine the speed of this movement and any possible depth limit.
- Only N surpluses due to over-fertilization and those not taken up by the plants are in danger of leaching. Increasing the utilization of N by the plant could be an efficient means of preventing the NO₃⁻ pollution of groundwaters. Over-fertilization can be avoided by considering the N requirements of the projected crop and the measuring of the available NO₃-N reserves of the soil. This mechanism may also hold good for other elements and ions.

Table 1. *Nutrients and fertilizers used in the experiment between 1973 and 1984. t/ha/11 years.. /1/ Treatment, /2/ In terms of active ingredient, /3/ Calcium ammonium nitrate, %./4/ Superphosphate, % /5/ Potassium chloride, %*

Table 2. *Changes in the AL-soluble (ammonium-lactate) P and K contents of the calcareous chernozem soil (August 1984). /1/ Depth of sampling, cm /2/ Treatment /3/ LSD_{5%} /4/ Average*

Table 3. *Chemical and physical properties in the 0-3 m layer of the studied soil (August 1984). (Averages of 3 point samples of the 000 plots). /1/ Depth of sampling, cm, a/ Average /2/ Upper limit of plasticity according to ARANY, /3/ Humus, %*

Table 4. *Distribution of moisture, NO₂+NO₃-N in the 0-3 m layer as the result of long-term N fertilization. (August 1984, averages of 6 samples). A. kg/ha (Volume weight 1.4; 1 ppm = 14 kg/ha/m). B. kg/ha surplus compared to the control. /1/ Depth of sampling, cm. a/ LSD_{5%}; b/ Average*

Table 5. *Distribution of SO₄²⁻ in the 0-3 m layer as the result of long-term N fertilisation. (August 1984, averages of 6 samples). A. kg/ha (Volume weight 1.4; 1 ppm = 14 kg/ha/m). B. kg/ha surplus compared to the control. /1/ Depth of sampling, cm. a/ LSD_{5%}; b/ Average*

Table 6. *Effect of fertilization on the “total salt” content of the 0-3 m soil profile, % (August 1984, averages of 6 analyses). A. t/ha (Volume weight = 1.4). B. Difference compared to the control. C. “Total salt” added as fertilizer between 1973 and 1984, t/ha. /1/ Depth of sampling, cm, a/ Calcium ammonium nitrate; b/ Superphosphate; c/ Potassium chloride; d/ Total. /2/ Average*

Table 7. *Distribution of NO₂+NO₃-N in the 0-6 m layer as result of long-term N fertilization (August 1985, data of averages of 6 samples), /1/ Depth of sampling, cm, a/ Average; b/ Surplus compared to the control. /2/ Average. /3/ Total salt, %, Note: SO₄²⁻, H₂O % given as the average of 4 treatments; “total salt” % in terms of treatment 333.*

Table 8. *Estimated balances of N and SO₄²⁻ in the experiment, kg/ha (1984/1985). A. August 1984 (at the end of the 11th year). B. August 1985 (at the end of the 12th year). /1/ Items in the balance. A/ N applied; b/ N extracted; c/ Balance; d/ Difference compared to 000; e/ In the soil; f/ In the soil, %; g/ SO₄²⁻ applied; h/ SO₄²⁻ extracted. /2/ Treatment.*

Figure 1. *Distribution of NO₃-N in the 0-6 m soil profile (August 1985, averages of 6 samples)*

I. KÁDÁR – T. NÉMETH (1993): Study on nitrate leaching in long-term fertilization trial. Summary

In 1990, in the 17th year of a long term NPK fertilization trial set up on the Experimental Farm of the Research Institute at Nagyhöröcsök, the distribution of NO₃-N in the depth of the soil-profile was examined. Following the harvest of peas, soil samples were taken from each 20 cm soil-layer till 6 m depth in the control plot and the 100, 200, 300 kg N/ha/year treatments. On the plots treated the sample drawing made by boring was carried out in 2 replications, so totally 7x6x5=210 samples were analysed. The main conclusions can be summed up as follows:

- 35-63% of fertilizer-N exceeding the plant uptake was provable in the soil, in the form of NO₃-N. Parallel with the rate of over-fertilization the amount of N

found in the soil increased. In plots with negative N-balance, lower than 1 m depth there was hardly any leaching worth mentioning.

- The maximum of NO₃-N leached can be found in the upper layer of 1 m. The border of leaching reached the 17th year of the trial a depth of 5-5.5 m. Five years earlier this border was in a depth of 3.5-4 m, so the speed of leaching may correspond to 20-30 cm/year. If this movement downwards remains, the nitrate may reach in further 20-30 years the level of soil water, which can be found in 13-15 m depth.

- On the control plot a supply of 42 kg/ha NO₃-N was found in the upper 1 m layer, while in the treatment of 300 kg N/ha/year 827 kg/ha NO₃-N; what could cover the N-demand of about 5 years' average wheat yield. The NO₃-N supply of 2000 kg N/ha of the deeper than 1 m layers cannot be regarded as nutrient on plots with maximum N-doses. This N may pollute the soil, and after the lapse of 2-3 decades the soil-water.

- Knowing the available N-supply of the soil, and the N-demand of the crop, the over-fertilization can be avoided. The pollution of the soil and soil-water by nitrate is not inevitably linked with fertilization.

Table 9. Study on leaching of NO₃-N in a fertilization long-term trial, mg/kg (Nagyhörcsök, 18. July 1992. after the harvest of peas). (1) depth of sampling, cm, (2) N kg/ha applied per year, (3) average

Table 10. Estimated N-balances of the trial, kg/ha 1990. (1) items of the balance, (2) N kg/ha applied per year, (3) on the average, (4) N given, (5) N taken up, (6) balance, (7) difference (8) NO₃-N found in the soil, mg/kg, (9) total 6 m, (10) in the % of N given, (11) difference of balance in %

T.NÉMETH – I. KÁDÁR (1999): Studies on nitrate leaching and changes in the nitrogen balance during a long-term mineral fertilization experiment. Summary

On selected plots of the long-term NPK mineral fertilization experiment set up in 1973 at the institute's Experimental Station in Nagyhörcsök, the nitrate-N content of the 0-600 cm soil layer, the depth distribution of the NO₃-N and the nitrogen balance of the plots was studied in 1995, in the 22nd year of the experiment, similarly to the analyses carried out in the 12th and 17th years. After harvesting the indicator plant, rye, soil samples were taken every 20 cm from the control and from plots treated with 100, 200 and 300 kg N/ha/year.

After the application of higher nitrogen rates, nitrate-N accumulation was detected in the sampled soil layer. At an application rate of 200 kg N/ha/year the average nitrate-N content in the upper 600 cm soil layer in these plots was 12 mg/kg at the first sampling, 18 mg/kg after 17 years and 20 mg/kg after 22 years. These figures were 21, 35 and 43,2 mg/kg in the 300 kg N/ha/year treatments.

Differences were recorded not only in the average nitrate-N values measured in the soil profiles of the fertilized treatments, but also in the course of the nitrate accumulation curves plotted for the sampling times.

The long-term experiment made it possible to study the nutrient uptake and mineral nutrition of a number of crops. The analysis of the nitrogen cycle confirmed the observation that nitrogen fertilization adjusted to the requirements of the cultivated crops and suited to the environmental conditions and growing site potential does not pollute the environment to an intolerable extent. Over-fertilization can be avoided by determining the mineral-N reserves of the soil and the N requirements of the cultivated crop.

Table 11. Mean annual precipitation and rainfall during the vegetation period and during the 4th quarter-year. (1) Rainfall distribution, (2) 50-year mean, (3) Between 1981 and 1985, (4) Between 1986 and 1990, (5) Between 1991 and 1995, (6) Annual means, (7) During the vegetation period, (8) During the 4th quarter.

Table 12. Examination of NO₃-N (mg/kg) leaching in the 22nd year of the experiment 1995. (1) Depth of sampling, (2) Treatment code, (3) Mean, (4) NO₃-N found in the soil, mg/kg, (5) Mean 6 m.

Table 13. Nitrate-N concentration in the deeper soil layers (averaged over 1 m soil layers [mg/kg] (chernozem with lime deposits, Nagyhörscök, 1995). (1) Treatments [mg N/ha/year], (2) Between 4 and 5 m, (3) Between 5 and 6 m, (4) Control.

Table 14. Estimated N balance for the experiment (kg/ha) 1995. (1) Items in the balance, (2) Treatment code, (3) July 1985 (at the end of the 12th year), (4) N applied, (5) N extracted, (6) Balance, (7) Difference compared with the control, (8) In the soil (0-6 m), (9) In the soil (%), (10) July 1990 (at the end of the 17th year), (11) August 1995(at the end of the 22nd year).

Figure 2. Depth distribution of moisture content, 1985, 1990, 1995 (s %). (1) Depth (cm), (2) Moisture content (s %), (3) Legend

Figure 3. Depth distribution of NO₃-N, 1985, 1990, 1995 [mg/kg]. (1) Depth (cm), (2) Legend (kg/ha/year)

V. Irodalomjegyzék

Kiadványok alapjául szolgáló saját közlemények (1974-2000)

- BÉNDEK GY., KÁDÁR I. 1988: Influence of soil nutrient levels on harvest yield and malting quality of brewing barley. *J. Inst. Bres.* 96: 375-378.
- BUZÁS I., KÁDÁR I. 1983: Műtrágyázás hatása a cukorrépa minőségére. In: *Agrokémiai kutatások újabb eredményei.* 194-201. NEVIKI. KAE. Keszthely.
- ELEK É., KÁDÁR I. 1975: A foszforműtrágyázás hatása a makro- és mikroelemek felvételére. In: *A mezőgazdaság kemizálása.* Ankét. 89-93. NEVIKI-KAE.
- ELEK É., KÁDÁR I. 1975: Talajtermékenység kontrollja növény-és talajvizsgálatokkal. *Magyar Mezőgazdaság.* XXX. évf. 51:9.
- ELEK É., KÁDÁR I., 1975: A P-műtrágyázás hatása a makro- és mikroelemek felvételére. In: *Mezőgazdaság Kemizálása.* 89-93. NEVIKI-KAE.
- ELEK É., KÁDÁR I. 1978: Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyaggazdálkodására. In: *A mezőgazdaság kemizálása.* Ankét. 169-176. NEVIKI. KAE.
- ELEK É., KÁDÁR I. 1980: Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. *MÉM NAK.* Budapest.
- GÁL E., KÁDÁR I. & VÖRÖS I., 1988: Fertilizing of sunflower on calcareous chernozem soil. In: *Proc. 12th Int. Sunflower Conf.* 237-240. Novi Sad. Yugoslavia.
- GULYÁS F., LÁSZTITY B., SZEGI J. & KÁDÁR I. 1984: Cellulose decomposition in chernozem soil as affected by intensive fertilization. In: *Soil Biology and Conservation of the Biosphere.* (Ed.: Szegi, J.) 95-106. Akadémiai Kiadó. Bp.
- KÁDÁR I. 1978: Összefüggések a talaj termékenysége és tápelemellátottsága között. *Kand. Dissz. MTA TAKI*
- KÁDÁR I. 1980: A kálium jelentősége földművelésünkben és a csernozjom talaj termékenységében. *Agrokémia és Talajtan.* 29:577-594.
- KÁDÁR I. 1980: Növényanalízis alkalmazása az agrokémiai szaktanácsadásban és kutatásban. *Agrokémia és Talajtan.* 29:323-344.
- KÁDÁR I. 1980: A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. *Agrokémia és Talajtan.* 29. 577-594.
- KÁDÁR I. 1983: Az egyoldalú műtrágyázás hatása néhány szántóföldi növény betegség-ellenállóságára. *Agrokémia és Talajtan.* 32:432-436.
- KÁDÁR I. 1986: A napraforgó tápanyaggazdálkodása. In: *Jövedelmezőbb napraforgótermesztés.* 97-108. MÉM Mérnöktovábbképző Intézet. Budapest.
- KÁDÁR I. 1988: Növényvizsgálatok alkalmazása a trágyázási szaktanácsadásban, különös tekintettel a búza, kukorica, burgonya és cukorrépa kultúrákra. In: *Kutatási eredmények a gyakorlatnak. Tápanyaggazdálkodás.* 14-22. Szerk.: Debreczeni, B. - Miklay, Fné. Agroiinform. Budapest.
- KÁDÁR I. 1989: Túltrágyázzuk-e a napraforgót? *Agrokém. és Talajt.* 38:441-447.
- KÁDÁR I. 1990: A növény táplálás hatásainak megismerése a termés fokozására és a betegség-rezisztenciára. *MTA TAKI, Budapest* 40 p.
- KÁDÁR I. 1992: A növény táplálás alapelvei és módszerei. *MTA TAKI. Bp.* 398 p.

- KÁDÁR I. 1997: Talajaink tápelemgazdálkodása az ezredfordulón. Növénytermelés. 46: 73-84.
- KÁDÁR I. 2000: A burgonya (*Solanum tuberosum L.*) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:533-545.
- KÁDÁR I. 2000: A cukorrépa (*Beta vulgaris L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:677-690.
- KÁDÁR I. 2000: A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays L.*) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 49:127-140.
- KÁDÁR I. 2000: Az őszi árpa (*Hordeum vulgare L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:661-675.
- KÁDÁR I. 2000: Az őszi árpa (*Hordeum vulgare L.*) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:547-559.
- KÁDÁR I. 2001: A cukorrépa (*Beta vulgaris L.*) elemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:95-105.
- KÁDÁR I. 2001: A cukorrépa (*Beta vulgaris L.*) tápláltsági állapotának megítélése növényanalízissel. Növénytermelés. 50:107-121.
- KÁDÁR I. 2001: A napraforgó (*Helianthus annuus L.*) tápelemfelvétele mézlepdedékes vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:285-295.
- KÁDÁR I. 2002: A repce (*Brassica napus L.*) tápláltsági állapotának megítélése növényanalízissel. Agrokémia és Talajtan. 51:395-416.
- KÁDÁR I. 2002: Műtrágyázás hatása a mustár termésére és elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 51:417-434.
- KÁDÁR I. 2004: A műtrágyázás hatása a silókukorica termésére karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 53:285-297.
- KÁDÁR I. 2004: A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 53:61-74.
- KÁDÁR I. 2004: A rostkender (*Cannabis sativa L.*) tápelemfelvétele csernozjom talajon. Növénytermelés. 53:463-476.
- KÁDÁR I. 2004: A tritikále elemfelvétele műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 53:273-284.
- KÁDÁR I. 2004: Tápanyagellátás hatása a sárgarépára (*Daucus Carota L.*) karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 53:93-110.
- KÁDÁR I. 2004: Az olaszperje (*Lolium multiflorum Lam.*) tápelemfelvételének vizsgálata tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 53:305-316.
- KÁDÁR I. 2005: A műtrágyázás hatása a bab (*Phaseolus vulgaris L.*) termésére és elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 54:93-104.
- KÁDÁR I. 2005: A műtrágyázás hatása a kölesre (*Panicum miliaceum L.*) csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 54:77-92.
- KÁDÁR I. 2005: A rozs (*Secale cereale L.*) műtrágyázása meszes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 54: 253-264.
- KÁDÁR I. 2005: Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum L.*) elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 54: 359-374.
- KÁDÁR I. 2005: Műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare Pers.*) elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 54: 375-388.
- KÁDÁR I. 2007: NxP kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben rozsnövénnyel. Növénytermelés. 56:213-224.

- KÁDÁR I., LÁSZTITY B. 1997: A zab (*Avena Fatua L.*) szárazanyag felhalmozásának és tápelemtartalmának változása a tenyészidő folyamán. *Növényterm.* 46:267-274.
- KÁDÁR I., ELEK, É. 1977: Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 71-81. NEVIKI. KAE.
- KÁDÁR I., ZILAHY P. 1977: A műtrágyázás és a növényi betegség-ellenállóság néhány problémája. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 227-234. NEVIKI. KAE. Keszthely.
- KÁDÁR I., ELEK É. 1979: A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélanalízissel. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Veszprém. 217-224. NEVIKI. KAE.
- KÁDÁR I., ELEK É. 1980: A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélanalízissel. *Növénytermelés.* 29:413-420.
- KÁDÁR I., FÖLDESI, D. 1986: A mák ásványi táplálásáról. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 56-61. NEVIKI. KAE. Keszthely.
- KÁDÁR I., KISS. E. 1986: Hogyan műtrágyázzuk a cukorrépát? In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 197-202. NEVIKI. KAE. Keszthely.
- KÁDÁR I., THAMM B. 1986: Some experiences on the fertilization of sunflower (*Helianthus annuus L.*). In: ISSS XIII. Congr. 3:796-797. Hamburg.
- KÁDÁR I., NÉMETH T. 1993: Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 42:331-338.
- KÁDÁR I., LÁSZTITY B. 1998: A zab (*Avena Fatua L.*) tápelemfelvétele a tenyészidőfolyamán. *Növénytermelés.* 46: 529-538.
- KÁDÁR I., ELEK É. 1999: A búza (*Triticum aestivum L.*) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. I. *Növénytermelés.* 48:311-322.
- KÁDÁR I., FÖLDESI D. 2001: A mák (*Papaver somniferum L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. I. *Növénytermelés.* 50:453-465.
- KÁDÁR I., FÖLDESI D. 2002: A mustár (*Sinapsis alba L.*) műtrágyázása csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 51:437-448.
- KÁDÁR I., BUJTÁS K. 2004: A műtrágyázás hatása a tritikále termésére és cukortartalmára csernozjom talajon. *Növénytermelés.* 53:107-117.
- KÁDÁR I., SCHILL J. 2004: Az olaszperje (*Lolium multiflorum Lam.*) műtrágyázása csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan.* 53:291-304.
- KÁDÁR I., NÉMETH T. 2004: A NO₃-N és a SO₄-S lemosódása egy 28 éves műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés.* 53:415-428.
- Kádár I., RADICS L. 2005: A műtrágyázás hatása a szemescirok (*Sorghum vulgare Pers.*) fejlődésére és termésére. *Növénytermelés.* 54:77-87.
- KÁDÁR I., RAGÁLYI P. 2012: Mineral fertilisation and grass productivity in a long-term field experiment. *Archiv of Agronomy and soil Sci.* 58: 127-131.
- KÁDÁR I., BUZÁS I. & KISS, E. 1987: A cukorrépa N-trágyázása. *Magyar Mezőgazdaság.* 42. 5 sz: 6.
- KÁDÁR I., NÉMETH T. - KOVÁCS, G.J. 1987: A N-műtrágya érvényesülése és a NO₃ kilúgzása meszes csernozjom talajon. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 101-107. NEVIKI. KAE.
- KÁDÁR I., NÉMETH T. & KOVÁCS G. 1987: Nitrogen efficiency and nitrate leaching on a calcareous chernozem soil. *Vth Int. Symp. CIEC-2.* 130-137.

- KÁDÁR I., NÉMETH T. & LUKÁCS DNÉ 2001: A repce (*Brassica napus L.*) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. II. Növénytermelés. 50:575-591.
- KÁDÁR I., NÉMETH T., RÉTI Á. & RADICS L. 2001: A repce (*Brassica napus L.*) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. I. Növénytermelés. 50:559-573.
- KÁDÁR I., BÉNDEK GY. & RADICS L. 2003: A műtrágyázás hatása a sörárpa (*Hordeum distichon*) termésére és minőségére. Növénytermelés. 52:423-436.
- KÁDÁR I., FEKETE S. & RADICS L. 2003: Műtrágyázás hatása a borsó (*Pisum sativum L.*) termésére és minőségére. Növénytermelés. 52:229-242.
- KÁDÁR I., RADICS L. & LUKÁCS DNÉ 2003: Az olajlen (*Linum usitatissimum L.*) műtrágyázása csernozjom talajon. Növénytermelés. 52:423-436.
- KÁDÁR I., TÁRKÁNY SZ. S. & RADICS L. 2003: Műtrágyázás hatása a rostkender (*Cannabis sativa L.*) termésére. Növénytermelés. 52:217-228.
- KÁDÁR I., LUKÁCS DNÉ, LÁSZLÓ SNÉ 2004: Tápanyagellátás hatása az olajlen termésére, minőségére és elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 53:55-74.
- KÁDÁR I., RADICS L. & DAOOD, H. 2004: A spenót (*Spinacea oleracea L.*) műtrágyázása csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 53:317-330.
- KÁDÁR I., LUKÁCS DNÉ, VÖRÖS J. & SZILÁGYI J. 2001: A napraforgó (*Helianthus annuus L.*) műtrágyázása mészlepedékes vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:297-308.
- KÁDÁR I., ELEK É., KAZÓ B. & VARGA, GY. 1976: Vlijanie vozrastajuscih doz mineral'nih udobrenij na pocsvu i raszteniija. In: Vth. Congr. Jug. Soc. Soil Sci. 409-416. Sarajevo.
- KÁDÁR I., VÖRÖS J. & LÉRÁNTNÉ, SZ. J. 1983: A talaj tápanyagellátottságának hatása a napraforgó termésére, ásványi tápelemtartalmára és betegségellenállóságára. In: XXV. Georgikon Napok. A talajtermékenység fokozása I. 329-337. Szerk.: Debreczeni, B. PATE. Keszthely.
- KÁDÁR I., KAZÓ B., BÁRTFAI TNÉ & ZILAHY P. 1999: A búza (*Triticum aestivum L.*) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 48:523-524.
- KÁDÁR I., GULYÁS F., GÁSPÁR L. & ZILAHY P. 2000: A kukorica (*Zea mays L.*) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:371-388.
- KÁDÁR I., NÉMETH T., RÉTI Á. & RADICS L. 2001: A repce (*Brassica napus L.*) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. I. Növénytermelés. 50:559-573.
- KÁDÁR I. et al. 1976: Vlijanie vozrastajuscih doz mineral'nih udobrenij na pocsvu i raszteniija. 5th Cong. Yug. Soc. Soil Sci. 409-416. Sarajevo.
- KÁDÁR I., LUKÁCS DNÉ, FEKETE S. & BANA KNÉ 2004: Tápanyagellátás hatása a szója minőségére és elemfelvételére. Agrokémia és Talajtan. 53:75-92.
- KÁDÁR I., FÖLDESI D., VÖRÖS J., SZILÁGYI J. & LUKÁCS DNÉ 2001: A mák (*Papaver somniferum L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 50:467-478.
- KÁDÁR I., JOACHIM. K., HARRACH. T., RADICS L. & PÉCHY K. 2003: A szója (*Glycine max. L. Merr.*) műtrágyázása karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 52:61-74.
- LÁSZTITY B., KÁDÁR, I. & GULYÁS, F. 1981: Műtrágyázás hatása néhány talaj cellulózbontó aktivitására. Agrokémia és Talajtan. 30:91-98.

- NÉMETH T., KÁDÁR, I. 1987: A szulfát és az "összes só" felhalmozódása a talajprofilban tartós műtrágyázás hatására. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 95-100. NEVIKI. KAE. Keszthely.
- NÉMETH T., KOVÁCS G. J. & KÁDÁR I. 1988: A NO₃, SO₄ és a sóbemosódás vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. Agrokémia Talajtan. 36-37:109-126.
- NÉMETH T., KÁDÁR I. 1999: Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48. 377-386.
- PÁRTAY G., KÁDÁR I. 1986: A cukorrépa N-táplálása és a minőségét befolyásoló sejtszerkezete. A mezőgazdaság kemizálása. NEVIKI-KAE. 208-214.
- SULYOK L., PUSZTAI A., BICZÓK GY. & KÁDÁR, I. 1979: Csernozjom talaj termékenységének jellemzése a cellulózbontó aktivitással és kapcsolata a terméssel. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Veszprém. 171-177. NEVIKI. KAE. Keszthely. Szerk.: Debreczeni, B. PATE. Keszthely.

Felhasznált irodalmi hivatkozások jegyzéke (1984-2000)

- ÁCS A., KURNIK E. 1980: A borsó termesztésének ökológiai feltételei. 31-44. In: Kiss Á. (Szerk.) A borsó termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- AMBERGER, A. 1979: Pflanzenernährung. UTB. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- AMBERGER, A. 1980: Grenzen der Düngung für Ertrag und Qualität. Boden-Kultur. 31:246-256.
- AMBERGER, A. 1983: Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität im Ackerbau und Grünland. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? Arbeiten der DLG. 177. 83-94. DLG-Verlag. Frankfurt/Main.
- ANDERSSON, G., OLERED, R. & OLSSON, G. 1958: Zur Nährstoffaufnahme des Winterraps. Z. Acker- u. Pflzenbau. 107:171-179.
- ÁNGYÁN J., MENYHÉRT Z. 1988: Integrált alkalmazkodó növénytermesztés. GATE-KSzE. Gödöllő-Szekszárd.
- ANTAL J., EGERSEGEI S. & PENYIGEY D. 1966: Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ANTAL J. 1978: Olajos növények termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- ANTAL J. 1987: Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BAKAY N. 1892: Kendertermelés és kikészítés. OMGE Könyvkiadó Vállalat. Pesti Könyvnyomda Rt. Budapest. 193 p.
- BALÁS Á. 1889: Általános és különleges mezőgazdasági növénytermelés. II. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- BALÁZS S. (szerk.) 1994: Zöltségtermesztők kézikönyve. 2. jav. kiadás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- BARANYAI F., FEKETE A. & KOVÁCS I., 1987: A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARBER, S.A. 1966: The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. Techn. Rep. Ser. ünt. Atom Energy. Ag. 65:39-45.
- BAUER F. 1975: A rozs monokultúrás termesztésének lehetőségei. Agrártud. Közl. 34:95-96.

- BECKER-DILLINGEN, J. 1934: Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Verlagsbuchhandlung Paul Parey. Berlin.
- BENETT, W. F. 1971: A comparison of the chemical composition of the corn leaf and the grain sorghum leaf. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 3. 271–281.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976: Pflanzenanalyse und Pflanzendiagnose. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BERGMANN, W. 1992: Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena – Stuttgart – New York.
- BIACS P., DAOOD H. G. 1994: High-performance liquid chromatography with photodiode-array detection of carotenoid and carotenoid esters in fruits and vegetables. *J. Plant Physiol.* 143. 520–525.
- BICZÓK GY., NÉMETH T. 1984: Az őszi káposztarepce tápelem-fenodinamikája hazánk két nyugati agroökológiai körzetében. MTA TAKI. Budapest. 64 p.
- BLASKÓ L., JUHÁSZ CS. 1991: Drénezett területek trágyázása. In: Trágyázási kutatások 1968-88. Mezőgazdasági Kiadó.
- BLASKÓ L., ZSIGRAI GY. 1994: Sustainable land use and mineral fertilizers on meadow chernozem soil. *Agrokémia és Talajtan.* 43: 344-356.
- BOCZ E. 197): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BÓCSA I. & MANNINGER G. (Szerk.) 1981: A kender és a rostlen termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BÓCSA I. 2002: A kender mint megújuló bionyersanyag. In: Az élelmiszer alapanyagok termeléséből felszabaduló mezőgazdasági területek hasznosítása. 1-5. NKFP Széchenyi Pályázat. (Szerk.: Neményi M.) NME. Mosonmagyaróvár.
- BÓDIS L., KRALOVÁNSZKY U.P. 1988: A szója. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- BOLDÜREV, N.K. 1970: Analiz liszt'ev kak metod opredelenija potrebnosztii rasztenij v udobrenijah. Sz/h. Insztitút Kirova. Omszk.
- BÖHM, W. 1976: In situ estimation of root length at natural soil profiles. *J. Agric. Sci.* 87:365-368.
- BREDEMANN, G. 1945: Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und den Nährstoffbedarf des Hafens. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 36:167-204.
- BRÜCKNER, U. 1986: Nährstoffversorgung von Möhren. *Gemüse.* 22. 58–60.
- BUZÁS I., FEKETE A., BUZÁS INÉ, CSENGERI PNÉ & KOVÁCS ANÉ 1979: Mútrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK. Budapest.
- CERLING, V.V. 1978: Agrohímicszeszkie osznovü diagnosztiki mineral'nogo pitaniya. sz/h. Kultur. Izdatelsztvo Nauka. Moszkva.
- COOKE, G. W. 1965: Trágyázás és jövedelmező gazdálkodás. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- COOKE, G.W. 1981: Value of "Blueprints" in research and advisory work. In: Agricultural yield potentials in continental climates. 199-207. Proc. 16th Coll. of the International Potash Institute. Warsawa.
- CSATHÓ P. 1997: Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. *Agrokémia és Talajtan.* 46:327-346.
- CSATHÓ P. 2002: Zn hexaminos levéltrágyázás a kukorica P-indukálta Zn-hiányának leküzdésére. *Agrofórum.* 13(12):20-21.
- CSATHÓ P., KÁDÁR I. 1986: A szuperfoszfát műtrágyázás hatása és utóhatása a köles és a lucerna termésére. *Növénytermelés.* 35. 237–247.

- CSATHÓ P., KÁDÁR I. 1987: A köles és a lucerna tápelemfelvételének vizsgálata tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 36. 443–453.
- CSATHÓ P., KÁDÁR I. & SARKADI J. (1989): A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 38:69-75.
- CSELŐTEI L., NYÚJTÓ S. & CSÁKY A. 1993: *Kertészet*. 5. átdolg. kiadás. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- CSERHÁTI S. 1901: Általános és különleges növénytermelés. II. kötet. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- CSERNI I., PROHÁSZKA K. & VIDÉKI L. 1983: A sárgarépa tápanyag-zaldalkódásának tanulmányozása tenyészfedény-kísérletekben. *Zöldségterm. Kut. Int. Bulletin No. 7*. 16. 95–107.
- CSERNI I., PROHÁSZKA, K. & PATÓCS, I. 1989: The effect of different N-doses on the changes in the nitrate, sugar and carotene contents of carrot. *Acta Agron. Hung.* 38. 341–348.
- DAOOD. H. G., BIACS P., CZINKOTAI B. & HOSCHKE Á. 1992: Chromatographic investigation of carotenoids, sugars and organic acids from *Diospyros kaki* fruits. *Food Chemistry*. 45:151-155.
- DEMPEY, J.M. 1975: *Fiber Crops*. University Press of Florida. Gainesville.
- EGNÉR H., RIEHM, H. & DOMINGO, W.R. 1960: Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *Lantbr. Högsk. Ann.* 26:199-215.
- EHRENDORFER, K. 1961: Oxalsäure in Spinat (*Spinacea oleracea L.*). Ein Beitrag zur Qualitätsbeeinflussung. *Bodenkultur*. 12. 100–111.
- EHRENDORFER, K. 1966: Die Abhängigkeit des Gesamtoxalsäuregehaltes von den Gehalten der Mineralstoffe N, P, K, Na, Ca und Mg in Spinatblättern. In: *Kalium-Symposium*. 273–284. Internationale Kali-Institut. Bern/Schweiz.
- EÖRI T. 1986: *A repce termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- EÖRY T. 1984: *A repce fejtrágyázása*. Magyar Mezőgazdaság. 39. (11) 6.
- FAUCONNIER, D. 1986: *Soya. Fertilisers for yield and quality*. IPI Bulletin N.9. Worblaufen-Bern. Switzerland.
- FAUSTZAHLENBUCH. 1971: *Beratungsschrift der Österreichische Düngerberatungsstelle*. 3. Auflage. ÖDB Wolfsberg. Kärnten.
- FILIUS I. 1994: *A zöldségnövények tápanyagai*. In: *Zöldségtermesztők kézikönyve*. (Szerk.: Balázs S.) 73–94. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- FINCK, A. 1979: *Dünger und Düngung*. Verlag Chemie. Weinheim–New York.
- FINCK, A. 1982: *Fertilizers and Fertilization*. Verlag Chemie. Weinheim, Deerfield Beach Florida, Basel.
- FLANNERY, R. 1982: *New world record corn and soybean production*. Champaign. Illinois. USA.
- FLEMMING, G. A. 1963: Distribution of major and trace elements in some common pasture species. *J. Sci. Food and Agric.* 14. 203–208.
- FLODERER S. 1910: *Az őszi vetések trágyázása*. *Köztelek*. 20:2561-2562.
- FÖLDESI D. 1994: *A mustár termesztése*. *Agrofórum*. 5:41-42.
- FREER, J.B.S. 1994: *Improvement of Management Guidelines for Linseed*. Project Report. ADAS. Cambridge. England.
- GEISLER, G. 1988: *Pflanzenbau*. Verlag Paul Parey. Berlin und Hamburg.
- GEISLER, G. 1998: *Pflanzenbau*. Paul Parey Verlag. Berlin und Hamburg.

- GERICKE, S. 1965: Phosphorsäure- und Oxalsäuregehalt in Rübenblättern. Phosphor-säure. 25. 263–280.
- GRÁBNER E. 1948: Szántóföldi növénytermesztés. III. Átdolgozott és bővített kiadás. Pátria Nyomda. Budapest.
- GRASSELLI M. 1893: A len és kender termeléséről és áztatásáról. Erdélyi Gazdasági Egylet Könyvkiadó. XXIII. füzet. VI. évf. Gámán János Nyomda. Kolozsvár. 38 p.
- GRUBER F. 1960: Rét és legelő. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- GRÜTZ, W. 1956: Die Beziehungen zwischen Phosphorsäuredüngung und Oxalsäurebildung in Blättern von Beta-Rüben und Spinat. Phosphorsäure. 16. 181–187.
- GYÓRFFY B. 1975: Vetésforgó-vetésváltás-monokultúra. Agrártud. Közl. 34:61-68.
- GYÓRFFY B. 1976: A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártud. Közl. 35:239-266.
- GYÓRI Z., BOCZ E. 1991: A trágyázás és az öntözés hatása a borsó ásványi elemtartalmára és aminosav összetételére. I. N-tartalom és aminosav összetétel. Növénytermelés. 40:509-518.
- GYÓRI Z., BOCZ E. 1992: A trágyázás és az öntözés hatása a borsó ásványi elemtartalmára és aminosav összetételére. II. Cink- és réztartalom. Növénytermelés. 41:67-76.
- HANSON, R.G. 1977: Know plant food your soybeans remove. Better Crops. 13-15. WINTER. U.S.D.A.
- HARMATI I. 1992: Az olajlen műtrágyázása. Növénytermelés. 41:265-272.
- HOCKING, P.J. & PINKERTON, A. 1991: Response of growth and yield components of linseed to the onset or relief of nitrogen stress at several stages of crop development. Field Crop Research. 27:83-102.
- HOLLÓ S. 1993: A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása trágyázási kísérletekben. Kandidátusi értekezés. Kézirat. Kompolt.
- HORVÁTH J. , PÁLMAI O. & NÉMETH T. 1999: Gyors értékelés az ideai ásványi-N vizsgálatokról. Gyakorlati AGROFÓRUM. X.évf.5.szám. pp. 17-18.
- HUSTI I. (Szerk.) 1984: Gépesített szárazborsó-termesztés. Mezőgazd.Kiadó. Budapest.
- IVÁNYI I., IZSÁKI Z. & WERF, H.M.G. 1997: Influence of N-supply and P and K levels of the soil on dry matter and nutrient accumulation of fiber hemp (*Cannabis sativa L.*). J. Intern. Hemp Association. 4:84-89.
- IVÁNYI I., IZSÁKI Z. 1996: A tápanyagellátás hatása a rostkender (*Cannabis sativa L.*) tápelemfelvételére. Növénytermelés. 45:181-193.
- IVÁNYI I., IZSÁKI Z. 2000: The influence of nutrient supply and plant density on the yield of fibre hemp. In: 3rd Int. Symp. Bioresource Hemp and Other Fibre Crops. 1-18. Nova Institute. Wolfsburg.
- IVÁNYI I., IZSÁKI Z. 2001: The influence of nutrient supply on dry matter accumulation, nutrient uptake, quantity and quality of yield of fibre hemp. In: 12th Int. Symp. CIEC. 85-99. (Eds.: Hera C.). Bucharest.
- IVÁNYI I. 1998: A tápanyagellátás hatása a rostkender szárazanyag felhalmozására, tápelemfelvételére és termésére. Ph.D. értekezés. Agrártud. Egyetem. Debrecen.

- IVÁNYI S.-NÉ. 1973: Étkezési szárazborsó. Vetőmagtermeltető és Értékesítő Vállalat. Budapest.
- IZSÁKI Z. 1997: Connection between the nutrient supply of the soil as well as the macro and micro element turnover of soybean (*Glycine max* L., Merr.). In: 11th World Fert. Cong. Proc. Ed.: O. Van Cleemput et al. 244-249. CIEC.
- IZSÁKI Z. 1998: Nitrogen requirement of linseed with special regard to yield quantity and quality. *Bibl. Fragmenta Agron.* 3:171-175.
- IZSÁKI Z. 1998: Soybean quality as affected by N and P fertilization. In: Balkan Symposium of field Crops Proc. 243-246. Novi Sad. Yugoslavia.
- IZSÁKI Z. 1999: Az N és P ellátottság hatása néhány szántóföldi kultúra fehérjetermésére és aminosav összetételére. 92-96. In: *Növénytermesztés és Környezetvédelem.* Szerk.: Ruzsányi L. – Pepó P. MTA Agrártud. Osztály. Budapest.
- IZSÁKI Z. 2001: Nitrogen and phosphorus requirement of linseed in connection with the yield quantity and quality. In: 12th World Fert. Congr. „Fertilization in the 3rd Millenium.” Beijing. China. 6 p.
- IZSÁKI Z. 2004: A tápanyagellátottság hatása az olajlen (*Linum usitatissimum* L.) tápelemfelvételére, termés hozamára, minőségére. *Növényterm.* 53(1-2):75-95.
- JAHN-DEESBACH, W. 1965: Die Düngung des Ölleines. In: *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung.* III. Düngung der Kulturpflanzen. 579-587. (Hrsg. H. Linser). Springer-Verlag. Wien-New York.
- JAKOBEY I. 1970: A rostkender tápanyagfelvétele. In: *Rostnövények.* 35-51. Szerk. Bócsa I. É-K-Magyarországi Kísérleti Intézet Közleményei. Kompolt.
- JAKUSKIN, I. V. 1950: *Növénytermelés. I. Mezőgazdasági Kiadó.* Budapest.
- JONES, B. J. & ECK, H. V. 1973: Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: *Soil Testing and Plant Analysis.* (Eds.: Walsh, L. M. – Beaton, J. D.) 349–364. SSSA. Madison, WI.
- JONES, B. J. 2003: *Agronomic Handbook.* CRC Press. Boca Raton–London–New York–Washington D. C.
- JUHÁSZ CS. 1991: Drénhatás vizsgálata a kiskörei vízlépcső térségében öntés réti talajon. Doktori értekezés. DATE.
- KADLICKSKÓ B., KRISZTIÁN J. 1977: NPK műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Növénytermelés.* 26:315-322.
- KARUS, M., & BÓCSA I. 1997: *Der Hafanbau.* NOVA Institut Hürth/Köln. Heidelberg.
- KARUS, M. 1997: *A kender Nyugat-Európában.* GATE Kutató Intézete. Kompolt.
- KECK, J. 1989: Einfluss der Nährstoffversorgung auf die Durchwurzelung des Bodens und die Ertragsbildung am Beispiel Soja. Diplomarbeit. Justus Liebig Univ. Giessen. 144 p.
- KISMÁNYOKY T. 1980: Sörárpa termesztése barna erdőtalajon. Kand. értekezés. Kézirat. PATE. Keszthely.
- KISMÁNYOKY T. 1988: A tavaszi (sör) árpa nitrogén trágyázásáról. *Agrofórum.* IX. Évf. sz. 33-35.
- KISMÁNYOKY T. 1997: Árpa. In: *Az árpa, a rozs és a zab termesztése.* Szerk.: Palágyi A. 9-63. GKI-Winter Fair Kiadás. Szeged.
- KOPETZ, L. M. 1960: Düngung und Qualität. *Die Phosphorsäure.* 20. 1–11.

- KOVÁCS G. J. 1982: A kukorica víz- és tápanyagdinamikájának kritikus ökofiziológiai kapcsolata. *Növénytermelés*. 31:355-365.
- KÖLLE, W. 1983: Auswirkungen von Nitrat in einem reduzierenden Grundwasserleiter. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? *Arbeiten der DLG*. 177. 156-167. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- KRALOVÁNSZKÍ U.P. 1975: A fehérjeprobléma. *Mezőgazd. Kiadó*, Budapest.
- KREUTZER, K. 1983. Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität in der Forstwirtschaft. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? *Arbeiten der DLG*. 177. 69-82. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- KUNTZE, H. 1983. Zur Stickstoff-Dynamik in landwirtschaftlich genutzten Böden. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? *Arbeiten der DLG*. 177. 25-37. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- KURNIK E., SZABÓ L. 1987: A szója. Magyarország kultúrflórája. III. kötet. 18. füzet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KURNIK E. 1970: Étkezési és abraktakarmány-hüvelyesek termesztése. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- LAKANEN, E. & ERVIÖ, R. 1971: A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Fenn*. 123:223-232.
- LÁNG G. 1976: Szántóföldi növénytermelés. *Mezőgazdasági Kiadó*, Budapest.
- LÁNG I. 1973: Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. MTA Doktori Értekezés. MTA TMB, Budapest.
- LÁSZTITY B., BICZÓK GY. 1987: Az NPK műtrágyázás hatása a rozs makroelem felvételére. *Növénytermelés*. 36:491-506.
- LÁSZTITY B., BICZÓK GY. 1987-1988: A műtrágyázás hatása a tritikále tápelemfelvételének dinamikájára. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37:177-190.
- LÁSZTITY B., SZEMES I. & RADICS L. 1993: Műtrágyahatások vizsgálata rozs monokultúrában. *Növénytermelés*. 42:309-324.
- LÁSZTITY B., BICZÓK GY. 1988: Az NPK műtrágyázás hatása a rozs néhány mikrotápanyag felvételére. *Növénytermelés*. 37:61-70.
- LÁSZTITY B. 1995: A szemesirok fejlődése és a makroelem tartalmak változása a tenyészidő folyamán NPK kísérletben. *Növénytermelés*. 44. 293-298.
- LÁSZTITY B. 1996a: Az NPK-műtrágyázás és a tenyészidő hatása a szemesirok mikroelem tartalmára. *Növénytermelés*. 45. 61-66.
- LÁSZTITY B. 1996b: A tápelem felhalmozás dinamikája a szemesirok földfeletti részében. *Növénytermelés*. 45. 271-279.
- LÁSZTITY B. 1996c: Néhány nem esszenciális mikroelem koncentrációja és felhalmozódásának dinamikája cirokban. *Agrokém. és Talajtan*. 45. 307-314.
- LÁSZTITY B. 1997: A köles (*Panicum miliaceum L.*) szárazanyag- és makrotartalmának változása a tenyészidő folyamán. *Növénytermelés*. 46. 203-208.
- LÁSZTITY B. 1998: A köles (*Panicum miliaceum L.*) tápelemfelvétele a tenyészidő folyamán. *Növénytermelés*. 47. 133-138.
- LÁSZTITY B. 1974: Adatok a kukorica műtrágyázásához erősen meszes homoktalajon. *Növénytermelés*. 23:351-355.

- LÁSZTITY B. 1984: Az NPK-műtrágyázás hatása az őszi rozs és a tritikále szemtermésének beltartalmi jellemzőjére. *Agrokémia és Talajtan*. 33:391-402.
- LÁSZTITY B. 1986: Az NPK műtrágyázás hatásának vizsgálata az őszi rozs szárazanyag felhalmozására. *Növénytermelés*. 35:227-235.
- LÁSZTITY B. 1986: Néhány elem koncentrációjának változása az őszi rozsban és tritikáleban a tenyészidő folyamán. *Agrokémia és Talajtan*. 35:85-94.
- LÁSZTITY B. 1987-1988: A műtrágyázás hatása a tritikále szárazanyag felhalmozására és tápelemtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37:191-208.
- LEHOCZKY É., DEBRECZENI B.-NÉ & KARAMÁN J. 1988: Az őszi búza és néhány gyomnövény tápanyagtartalmának és felvételének vizsgálata üzemi táblákon. *Növénytermelés*. 37. 115–123.
- LEHOCZKY É. 1994: A gyomnövények és kultúrnövények versengése a tápanyagokért. In: *Trágyázási kutatások 1960-1990*. 355-360. (Szerk.: Debreczeni B. – Debreczeni Bné). Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LEHOCZKY É. 1995: Effect of N-fertilization on crop-weed competition. In: *Proc. IXth Intern. EWRS Symp.* 577-584. Budapest.
- LEHOCZKY É. 1999: A gyomnövények tápanyagfelvétele és tápelemtartalma. In: *Herbológia*. 266-283. (Szerk: Hunyadi et al). Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LENDVAY Z., AVAS K. 1983: Tápanyagkilúgzás vizsgálata talajcsövezett területeken. *Melioráció, öntözés és tápanyaggazdálkodás*. 2. 48-52.
- LIEBSCHER, G. 1887: Der Verlauf der Nährstoffaufnahme und seine Bedeutung für die Düngerlehre. *J. Landwirtsch.* 35:505-518.
- LOCKMAN, R. B. 1972: Mineral composition of grain sorghum plant leaves as affected by soil acidity, soil fertility, stage of growth, variety and climate factors. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 3. 283–293.
- LÓRINCZ J. (Szerk.) 1984: A sörárpa termesztése. *Mezőgazd. Kiadó*. Budapest.
- LUND, L.J. et al. 1978: Nitrogen balances for the Santa Maria Valley. In: *National Conference on Management of Nitrogen in Irrigated Agriculture*. (Ed.: Pratt, P.F.) 395-413. Dept. Soil Environm. Sci. University of California. Riverside.
- LUND, L.J. 1979: Nitrogen studies for selected fields in the Santa Maria Valley. A. Nitrate leaching and nitrogen balances. In: *Nitrate in effluents from irrigated lands*. (Ed.: Pratt, P.F.). 355-415. Report to the National Science Foundation, National Technical Information Service. Springfield. USA.
- MÁRKUS L., BÁRTFAY TNÉ. 1953: A nitrogén megoszlása és az aminosav összetétel megváltozása a fejlődő borsómagban. *Növénytermelés*. 2:117-123.
- MARSCHNER, H. (1985): Einfluss von Standort und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in verschiedenen Pflanzenarten. *Landw. Forsch. Sonderh.* 41. 16–23.
- MARTIN-PRÉVEL. P., GAGNARD, J. & GAUTIER, P. (Eds.). 1987: *Plant analysis*. Lavoisier Publishing Inc. New York.
- MÁRTON L., KÁDÁR I. 1998: A nitrogénellátás hatása a szója terméselemeire. *Növénytermelés*. 47:677-687.
- MÁRTON L., KISMÁNYOKY T. & KÁDÁR I. 1990: A szója N-ellátottságának és N-forgalmának vizsgálata liziméterekben. *Növénytermelés*. 39:55-64.
- MÁRTON L. 2002: Az éghajlati ingadozás és a N-műtrágyázás hatása a rozs (*Secale cereale L.*) termésére. *Növénytermelés*. 51:199-210.

- MCLEAN, E.O., ADAMS, D. & FRANKLIN, R.E. 1956: Cation exchange capacities of plant roots as related to their nitrogen contents. *Proc. Soil Sci. Am.* 20:345-347.
- MÉM NAK 1982: Jelentés a repce tápanyagfelvételi görbéjének kiméréséről. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MINKEVICS, I.V., BORKOVSKIJ, A.P. 1951: Olajnövények. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MOHÁCSI T. 1963: Olajlentermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MORARD, Ph. 1984: Sorghum-temperate. In: *Plant Analysis*. (Eds.: Martin-Prével, P., Gagnard, J. & Gautier, P.) 562–565. Lavoisier Publ. Inc. Paris–NewYork.
- NAGY J. 1995: A talajművelés, műtrágyázás, növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. *Növénytermelés*. 44:251-260.
- NAGY J. 1996: Az öntözés és talajművelés kölcsönhatása a kukoricatermesztésben. *Növénytermelés*. 45(4): 389-398.
- NAGY J. 1997: A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays L.*) termésére öntözés nélkül, és öntözéssel termesztésben. *Agrokémia és Talajtan*. 46: 275-288.
- NAGY J. 2007: Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- NAGY J. 2010: A kukoricatermesztés jelene és jövője. *Növényterm.* 59(3): 85-111.
- NAGY Z. 2001: Olaszperje adja a tömegtakarmányt. *Agrofórum*. 12.(10):22–24.
- NAGYVÁTHY J. 1821: Magyar practicus termesztő. Trattner. Pest.
- NÉMETH T., BUZÁS I. 1985: Characterization of the mineral nitrogen content of soils for fertilization advices. *Proc. 9th World Fert. Congress of CIEC*. 2. 220-224. Goltze Druck, Goettingen.
- NÉMETH T., KARAMÁN J. 1986: A N-trágyázás hatása az őszi káposztarepce termésére és tápelemtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 35:95-104.
- NÉMETH T. 1988: Az őszi káposztarepce tápelemfelvétele és trágyázása. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37:294-312.
- NÉMETH T. 1995: Nitrogen in Hungarian soils – nitrogen management relation to groundwater protection. *J. Contam. Hydrology*. 20: 185-208.
- NÉMETH T. 1996: Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- NÉMETH T. 1997: The importance of long-term experimentation in sustainable agricultural development. *Agrokémia és Talajtan*. 46: 13-24.
- NÉMETH T., VÁRALLYAY GY. 1998: A trágyázás és tápanyag-utánpótlás jelenlegi helyzete és lehetőségei. *Gyakorlati AGROFÓRUM*. 9(13):2-4.
- NÉMETH T. 1998: Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet homoktalajon. In: *Homoktalajok hasznosítása*. (Szerk.: Cserni I.) 98-105. KÉE Főisk. Kar Kecskemét.
- NÉMETH T., KÁDÁR I. 1999: Nitrát bemosódásának vizsgálata és a N-mérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 48. 377–386.
- NIELSEN D.R., SIMMONS, C.S. & BIGGAR, J.W. 1979: Flux of nitrate from a spatially variable field soil. In: *Nitrate in effluents from irrigated lands*. (Ed.: PRATT, P.F.) 487-501. Report to the National Science Foundation, National Technical Information Service. Springfield. USA.

- NYÍRI L., KARUCZKA A. 1989: A melioratív nedvességszabályozási módok hatása az elvezetett vizek nitrát tartalmára és dinamikájára. DATE Tud. Közleményei. 28:453-462.
- OHLROGGE, A.J. et al. 1968: Fertilizer use on soybeans. In: Changing patterns in fertilizer use. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 273-296.
- OLSEN. S.R., COLE. C.V., WATANABE, F.S. & DEAN, L.A. 1954: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. N. 939.
- OPITZ, K. 1939: Untersuchungen über die Entwicklung und die Nährstoffaufnahme des Leins. Bdkde und Pflzenernähr. 24:172-195.
- PATÓCS I. (szerk.) 1987: Új műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiiai Központ. Budapest.
- PÁLMAI O., HORVÁTH J. & NÉMETH T. 1998a: Őszi gabonák fejtrágyázása Nmin módszer alapján Fejér és Somogy megyében. Gyakorlati AGROFÓRUM. IX. évf. 4. szám. pp. 41-42.
- PÁLMAI O., HORVÁTH J. & NÉMETH T. 1998b: Környezetkímélő nitrogén fejtrágyázás az ásványi-N vizsgálata alapján. Gyakorlati AGROFÓRUM. IX. évf. 13. szám. pp. 50-52.
- PEPÓ P., PEPÓ P. 1986: Több, jobb minőségű olajlen. Magyar Mezőg. 41.14. sz. 7.
- PRATT, P.F. & ADRIANO, D.C. 1973: Nitrate concentrations in the unsaturated zone beneath irrigated fields in southern California. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37:321-322.
- PRATT, P.F. 1984: Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture. Nitrogen in crop production. ASA-CSSA-SSSA Publication. 319-333. Madison. Wisc.
- PRJANISNYIKOV, D.N. 1965: Csasztnoe zemledelie. Izbrannüe szocsinenija. II. Izd. „Kolosz” Moszkva.
- RADICS L. 1989: Agroökológiai tényezők hatása a szántóföldi gyomnövényzetre. Kandidátusi értekezés. MTA TMB. Budapest.
- RADICS L. (Szerk.) 1994: Szántóföldi növénytermesztés. KÉE Kertészeti Kar. Budapest.
- RADICS L. 1994: Gyomirtás a kiskertekben. Magyar Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- RADICS L. 2002: Alternatív növények termesztése. II. Szaktudás Kiadó Ház. Bp.
- RADICS L. 2003: Növénytermesztés határok nélkül. Szaktudás Kiadó Ház. Bp.
- REMY, TH. 1909: Beiträge zur Kultur des Rapses. Frühlings Landw. Zeitung. 58:81-92.
- REMY, TH. 1939: Düngung und Verlauf der Nährstoffaufnahme. Ernähr. d. Pflanze. 35:129-132.
- RESCH, H.N. & WALTER, B. 1986: Einschränkung der Nitratverluste im Weinbau. In: Bodenschutz mit der Landwirtschaft. Arbeiten der DLG. 185:114-126. DLG-Verlag. Frankfurt/Main.
- RÉZHEGYI P., HELTAI GY. 1984: A nitrogén kimosódásának vizsgálata liziméterekben N15 izotóp felhasználásával. Melioráció, öntözés és tápanyaggazdálkodás. 2.53-55.
- RIBLE, J.M. et al. 1979: Nitrates in the saturated zone of freely drained fields. In: Nitrate in effluents from irrigated lands. (Ed.: Pratt, P.F.) 297-320. Report to the National Science Foundation. Springfield, USA.

- ROEMER, TH. & SCHEFFER, F. 1959: Lehrbuch des Ackerbauers. 5. Aufl. Verlag Paul Parey. Berlin.
- ROHMANN, U. 1986: Landwirtschaftsbedingte und Landwirtschaftsunabhängige Stoffeinträge – wie einschränken? Grundwasserschutz vor überhöhten nitrateinträgen, aus der Sicht der Wasserwirtschaft. In: Bodenschutz mit der Landwirtschaft. Arbeiten der DLG. 185:92-103. DLG-Verlag. Frankfurt/Main.
- RUZSÁNYI L. 1974: A műtrágyázás hatása egyes szántföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. Növénytermelés. 23:249-258.
- RUZSÁNYI L., PEPÓ P. & SÁRVÁRI M. 1994: Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. Agrokémia és Talajtan. 43: 335-343.
- SANDSTED, R. F. 1989: Dry beans. In: Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. (Eds.: Plucknett, D. L. – Sprague, H. B.) 105–115. Westview Press. Boulder–San Francisco–London.
- SARKADI J. 1975: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Bp.
- SELMECZI K.A. 1993: A magyarországi olajnövény-kultúra. Akad. Kiadó. Budapest.
- SHALABY M.H., KÁDÁR I. 1984: A P és Zn trágyázás közötti kölcsönhatások vizsgálata meszes homoktalajon. Agrokémia és Talajtan. 33:261-267.
- SIERBÁN J. 1900: A kendertermelés és áztatás. Franklin-Társulat. Budapest. 75 p.
- SOPER, R.J. 1971: Soil test as a mean of predicting response of rape to added N, P and K. Agron. J. 63:564-566.
- SPECTOR, W. S. 1956: Handbook of Biological Data. Saunders. Philadelphia.
- STEFANOVITS P. 1975: Talajtan. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- SZEMES I., KÁDÁR I. & LÁSZTITY B. 1982: Az őszi rozs tápanyagfelvételének vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben. I. Szárazanyag-felhalmozódás, NPKCaMg-felvétele. Agrokémia és Talajtan. 31:5-16.
- SZEMES I., KÁDÁR I. 1990: Műtrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 39:147-155.
- SZPRAVOCSENIK 1964: SzpravocseNIK po udobrenijam. Izdatel'stvo „Kolosz”. Moszkva.
- SZŰCS L. 1965: A mészlepedékes csernozjomok osztályozásának továbbfejlesztése és alkalmazása. Agrokémia és Talajtan. 14:153-170.
- TÁPAY T. 1988: Sörárpáról természetőknek. Agrofórum. IX. Évf. 3. sz. 13-15.
- TÁRKÁNY SZŰCS S. 1981: A rostkender termesztése. In: Bócsa I. – Manninger G. (Szerk.) A kender és a rostlen termesztése. 55-84. Mezőgazd. Kiadó. Bp.
- TERBE I. 1994: Spenót. In: Zöldségtermesztők kézikönyve. (Szerk.: Balázs S.) 571–576. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- THAMM FNÉ. 1990: Növényminták nitráttartalmának meghatározását befolyásoló tényezők vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 39:191-206.
- THYLL SZ. 1984: Sikvidéki kötött talajú területek talajcsövezésének új eredményei. In: Komplex melioráció. Georgikon Napok. 467-471. Keszthely.
- TÓTH A. 1984: A drénezés központi hatása. In: Komplex melioráció. Georgikon Napok. 535-544. Keszthely.
- TÖLGYESI GY. 1969: A növények mikroelem-tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- TURI J. 1998:** A szója a jelen és a jövő növénye. *Agrofórum*. IX. évf. 2. sz. 7-10.
- ÚJVÁROSI M. 1973:** Gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- VALVERDE. G.V., VALVERDE, S., VILLA. G.M., HANCO, I. & HIDALGO, E.R. 1985:** High performance liquid chromatographic determination of soluble carbohydrates in commercial drinks. *J. Sci. Food Agric.* 36:43-48.
- VÁRALLYAY GY., NÉMETH T. 1999:** A környezetkímélő növénytermesztés talajtani-agrokémiai alapjai. In: „Növénytermesztés és Környezetvédelem” (Szerk.: Ruzsányi L., Pepó P.), 69-75. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest
- VILLAX Ö. 1937:** Növénytermesztés. A szerző kiadása. Magyar-Óvár.
- VOHRA. P., BERSCH. S., QUALSET. C.O. & BECKER, R. 1991:** Triticale, an alternative cereal grain in broiler starter diets. *California Agricult.* 45:34-37.
- VOISIN, A. 1965:** Fertilizer Application. Soil, Plant, Animal. Crosby Lockwood. London.
- VRIES, H. de 1881:** Über die Bedeutung der Kalkablagerungen in den Pflanzen. *Land-wirtschaft. Jb.* 10. 53–87.
- WALTER, O.S. & SAMUEL, R.A. 1980:** Modern soybean production. Champaign. Illinois. USA.
- WALTER, B. & RESCH, H.N. 1983:** Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität im Weinbau. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? *Arbeiten der DLG.* 177:114-120. DLG-Verlag. Frankfurt/Main.
- WEHRMANN, J. & SCHARPF, H.C. 1983:** Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität in Intensivkulturen. In: Nitrat ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung? *Arbeiten der DLG.* 177:95-113. DLG-Verlag. Frankfurt/Main
- WICKE. H.J., FUCHS. W. KRATZSCH, C. & BEESE, G. 1979:** Produktion von Braugerste. *Feldwirtschaft.* 1:12-15.

VI. Az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet munkatársainak kiadványai 1980-2012 között

1. ELEK ÉVA & KÁDÁR IMRE (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium MÉM NAK. Budapest. 55 p.
2. KÁDÁR IMRE (1991): A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 104 p.
3. KÁDÁR IMRE (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet). Budapest. 398 p.
4. KÁDÁR IMRE (1993): A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 112 p.
5. DITZ, HEINRICH (1867): A magyar mezőgazdaság. Szerk.: Kádár I. (1993) MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 247 p.
6. KÁDÁR IMRE & SZEMES IMRE (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 248 p.
7. CSATHÓ PÉTER (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. Szakirodalmi Szemle. Akaprint. Budapest. 182 p.
8. KÁDÁR IMRE (1995): A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium–MTA TAKI. REGICON Nyomda. Kompolt. Budapest. 388 p.
9. LIEBIG, JUSTUS V. (1840–1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 341 p.
10. THAER, ALBRECHT (1809–1821): Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. Trágyázás-tan. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 100 p.
11. NÉMETH TAMÁS (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest. 382 p.
12. KÁDÁR IMRE (1998): Kármentesítési Kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Nyomda: FHM. Budapest. 151 p.
13. LÁSZTITY BORIVÓJ (2004): A nem-esszenciális elemek forgalma hazai gabona-félékben. Műegyetemi Nyomda. Budapest. 94 oldal.
14. RAJKAI KÁLMÁN (2004): A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. Licium-Art Kft. Debrecen. 208 oldal.
15. NÉMETH TAMÁS & MAGYAR MARIANNA (Szerk. 2005): Üzemi szintű tápanyag - mérleg számítási praktikum (Üzemi tápanyagmérlegek számításának alapelvei és módszerei). Spácium Kiadó és Nyomda Kft, Budapest. 116 p.
16. NÉMETH TAMÁS (Szerk. 2005): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Ünnepi ülés Várallyay György 70. születésnapja alkalmából. MTA TAKI. Spácium Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 180 p.
17. KOVÁCS GÉZA JÁNOS & CSATHÓ PÉTER (Szerk.): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI–FVM, OPENART. Budapest. 264 p.

18. LIEBIG, JUSTUS (1842): A szerveskémia alkalmazása az élettanban és a kórtanban. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 132 p.
19. WOLFF, EMIL (1872): Gyakorlati Trágyázástan. A fontosabb növényi tápanyagokról szóló bevezetéssel. Közérthető agrokémiai vezérfonal. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 128 p.
20. NÉMETH TAMÁS, NEMÉNYI MIKLÓS & HARNÓS ZSOLT (Szerk. 2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATEPress – MTA TAKI. Szeged. 239 p.
21. WILHELM KÖRTE (1839): ALBRECHT THAER élete és munkássága orvosként és mezőgazdaként. Szerk.: Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 185 p.
22. KÁDÁR IMRE (2010): Az MTA TAKI 60 éve (Kommentár nélkül). MTA TAKI. Akaprint. 120 p.
23. KÁDÁR IMRE, SZEMES IMRE, LOCH JAKAB & LÁNG ISTVÁN (2011): A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 110 p.
24. KÁDÁR IMRE, MÁRTON LÁSZLÓ & LÁNG ISTVÁN (2012): Az őrbottyáni 50 éves örök rozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai. MTA ATK TAKI. Budapest. 172 p.
25. KÁDÁR IMRE (2012): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai. MTA ATK TAKI. Budapest. 177 p.
26. KÁDÁR IMRE (2012): Szennyező mikroelemek hatása a környezetre. MTA ATK TAKI. Budapest. 346 p.
27. KÁDÁR IMRE (2013): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai 1984-2000. MTA ATK TAKI. Budapest. 357 p.
28. KÁDÁR IMRE (2013): A gyeplépcső műtrágyázásáról. MTA ATK TAKI. Budapest. 260 p.

Beszerezhető a szerzők címén: 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
Postacím: 1525 Budapest, Pf. 35. Tel./Fax: 212-2265
illetve letölthető az MTA ATK TAKI honlapról
<http://www.mta-taki.hu/osztalyok/agrokemiai-osztaly/munkatarsak>