

**A NYÍRLUGOSI MŰTRÁGYÁZÁSI
TARTAMKÍSÉRLET
50 ÉVE**

Szerzők:

**Kádár Imre, Szemes Imre, Loch Jakab
és Láng István**

**Magyar Tudományos Akadémia
Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete
Budapest, 2011.**

A NYÍRLUGOSI MŰTRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLET 50 ÉVE

Lektorálta:

Dr. Láng István

ISBN 978-963-89041-2-6

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

Tartalomjegyzék

	<u>oldal</u>
I. Előszó	6
II. A Nyírség természeti földrajza	8
1. <i>A Nyírség geológiája, szerkezete</i>	8
2. <i>A Nyírség talajviszonyai</i>	8
3. <i>A Nyírség vízrajza</i>	10
4. <i>A Nyírség természetes növénytakarója</i>	12
5. <i>A Nyírség éghajlata</i>	12
III. A nyírlugosi tartamkísérlet ismertetése	14
1. <i>A termőhely talajviszonyai</i>	14
2. <i>A csapadékellátottság alakulása</i>	16
3. <i>A kísérlet módszere és a növényi sorrend</i>	19
IV. A kísérleti eredmények ismertetése	22
1. <i>Kezelések hatása a burgonyára és a rozsra 1963-1972 között</i>	22
2. <i>Kezelések hatása a burgonyára és a búzára 1973-1980 között</i>	24
3. <i>Kezelések hatása a napraforgóra 1984-ben</i>	26
4. <i>Kezelések hatása a dohányra 1988-ban</i>	30
5. <i>Kezelések hatása a búzára 1989-1990 között</i>	35
6. <i>Kezelések hatása a tritikáléra 1991-1998 között</i>	40
7. <i>Kezelések hatása a tritikáléra 1999-2006 között</i>	49
8. <i>Kezelések hatása a szántott réteg talajkémiai jellemzőire 2006-ban</i>	54
9. <i>Kezeléshatások és a csapadékellátottság kapcsolata</i>	62
10. <i>A 0,01 M CaCl₂ módszerrel kapott talajvizsgálatok eredményei</i>	68
V. Fenntartó tápanyaggazdálkodás nyírségi homoktalajokon	89
VI. Irodalom	96
VII. Some lessons learned from the Nyírlugos long-term field experiment	103
VIII. Az MA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet munkatársainak kiadványai	109

I. ELŐSZÓ

A szakszerűtlen gazdálkodás, a tudományosan megalapozott szaktanácsadás hiánya e talajok termékenységének csökkenéséhez és a népesség gyors elszegényedéséhez vezethet. Az állam feladata támogatni a gazdálkodókat. A korlátozó tényező e téren a tapasztalat és szakismeret hiánya. Nem közvetlenül az exportot kell elsősorban támogatnunk, hanem az exportképességet, a szakszerűségen és tapasztalatátadáson keresztül. Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete sokirányú több évtizedes kísérletes kutatásainak összefoglalása ezt a célt szolgálná. A bemutató kapcsán olyan kérdésekre keresünk és adunk megalapozott választ, mint:

- Hogyan javítható a nyírségi savanyú homoktalaj?
- Milyen trágyázást, meszézést kell folytatni, hogy a talajok termékenységét megőrizzük? Mi korlátozza e talajok termékenységét és milyen módon, eljárással, gazdálkodással tehető termékennyé?
- Mely növényeket célszerű természetni és mi azok trágyaigénye?
- Hogyan védekezzünk a talajszennyezés káros hatásaival szemben, hogy az Európai Unió, ill. a jövőbeni export normáinak megfelelő tiszta (nitrát és nehézfémektől mentes) exportképes terméket kapjunk?
- Hogyan őrizhetjük meg a talajt és a talajvizet a szennyezéstől, fenntartva a környezetkímélő gazdálkodást és trágyázást, valamint eleget téve a gazdaságosság követelményeinek is?

A homoktalajok tápanyagokban eredendően szegények, ezért a rajtuk folyó gazdálkodás eredményességét alapvetően a talajtermékenység fenntartásának módja, a trágyázási gyakorlat határozza meg. A műtrágyázást megelőző időszakban az istállótrágya és a zöldtrágya volt az egyetlen és korlátozottan rendelkezésre álló tápanyagforrás. A műtrágyák alkalmazása lehetővé tette a termékek jelentős növelését és ezzel a helyi lakosság életkörülményeinek javulását. A szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletek rövidesen feltárták azokat a különbségeket is, amelyek a savanyú nyírségi és a meszes Duna-Tisza közti homokterületek között a műtrágyák érvényesülését tekintve fennállnak.

A hagyományos 3-nyomásos gazdálkodás ugar-búza-búza vagy ugar-búza-tavaszi árpa termesztését jelentette átlagos körülmények között. Homokon az ugar-rozs-rozs monokultúra uralkodott évszázadokon át. Századunk elejével, főként a nyírségi jobb homokterületeken kialakul az ugar-rozs-burgonya forgó, illetve a műtrágyák megjelenésével lassan kiiktathatóvá válik az ugar, melynek gyomirtó hatását a kapásnövények termesztésével, míg tápanyagfeltáró hatását a műtrágyázással helyettesítik. A takarmánytermesztés részben a szántóföldre kerül át.

A legszegényebb nyírségi területeken azonban nehéz a kitörés a tápanyaghiány által limitált kis termés - kevés állat - kevés istállótrágya ördögi körből. A műtrágya elérhetetlen az itteni gazdák számára. A rozs monokultúra, a 3-nyomás még az 1920-as években is dívik. Ezen a helyzeten próbál segíteni Westsik Vilmos, aki különböző gazdálkodási rendszereket hasonlít össze. 1929-ben beállított vetésforgó kísérleteiben Westsik (1951) bizonyította, hogy a rozs átlagos termése csillagfürt zöldtrágyázással az ugarhoz viszonyítva megduplázható, 2 t/ha fölé emelhető. Bemutatta az egyéb trágyaszerek, mint az istállótrágya, szalma, műtrágyák talajra és termésre gyakorolt hatását is. A homokjavító vetésforgókkal végzett kísérletek több mint 6 évtizedes eredményeit átfogóan a közelmúltban Lazányi (1994, 1998) foglalta össze.

A Duna-Tisza közén Egerszegi (1957) végez homokon aljtrágyázási kísérleteket a mély termőréteg kialakítására istállótrágyával és műtrágyákkal. Célja a talaj tápanyag- és vízgazdálkodásának javítása. Bauer (1976), Bauer és Cserni (1998) a Kecskemét környéki lepelhomokon tartamkísérletekben igazolja, hogy csak a jobb homokokon, illetve szervesanyag-utánpótlással együtt érdemes a növekvő műtrágyahasználat. A gyengébb talajokon helye van a rozs monokultúrának mérsékelt műtrágyázással kiegészítve. Ahol már ez sem gazdaságos, ott időszakos juhlegelő, parlagoltatás, vadgazdálkodás, nemzeti parkhoz való csatolás jöhet szóba. Antal és mársai (1966) kézikönyvben foglalják össze a homoki gazdálkodás tapasztalatait és részletes útmutatást adnak a gazdáknak a zöldtrágya növények megválasztására és a műtrágyák használatára.

A csapadékosabb belső-somogyi homokháton Nyéki (1962), majd Balázs et al. (1998) vizsgálja a Westsik-féle homoki vetésforgó eredményességét. Megállapításaik szerint szükséges és előnyös lehet a zöldtrágya és az istállótrágya a homoki forgóban, azonban nem elégséges. A jelenkori árutermelő gazdaságokban csökken a takarmánytermelés, mérsékelt az állattartás és az istállótrágya termelése. A talajok

műtrágyázást (N, P, K) és meszeztést (Ca, Mg) egyaránt igényelnek, a nyírségi savanyú homokhoz hasonlóan. A műtrágyázást és meszeztést folytató üzemek kielégítő, az országos átlagot elérő terméseket kaphatnak.

Az 1990-es évek problémáit elemezve Horváth (1998) arra hívja fel a figyelmet, hogy a tápelemmérleg negatívvá vált és a szántók tápelemkészlete gyorsan fogy. Harmati (1998) a Duna-Tisza közti homokhátság talajvízszint süllyedését, növekvő aszályérzékenységet és a negatív vízmérleg következményeit taglalja, mely a trágyahatásokat is csökkenti. Németh (1996, 1998) a homoktalajok N-forgalmát vizsgálja tartamkísérletekben és megállapítja, hogy a talajvizsgálatok alapján a N-műtrágya szükséglete esetenként csökkenthető. Márton (1998) szerint a homoki területek gazdálkodását sokszínűbbé és jövedelmezőbbé kell tenni, mert a gabonatermesztésből nem lehet megélni. A Nyírségben 230 ezer új földtulajdonos gazdálkodik átlagosan 11 aranykoronás területen, 1-2 ha-os földdarabon szakszerűtlenül. Általános a monokultúra, rablógazdálkodás, talajpusztulás.

A homoktalajok védelme, javítása és termékenységük megóvása hazánkban kiemelt figyelmet érdemel, hiszen hasznosított területünk mintegy 20 %-át homokos területek adják. Itt terem a gyümölcs, zöldség, dohány és egyéb növényeink jelentős hányada, mely döntően befolyásolja a hazai lakosság ellátását, valamint mezőgazdaságunk exportképességét. Másrészt a falusi népesség megélhetésének szinte egyedüli forrását az e talajokon való gazdálkodás képezi munkaalkalmat teremtve (Láng 1973, Stefanovits 1966).

E talajok kolloidokban, humuszban és tápanyagokban általában szegények keletkezésükből eredően. Hangsúlyozni kell rendkívüli érzékenységüket mindenféle környezeti káros behatással vagy szakszerűtlen emberi beavatkozással szemben, mint pl. az elsavanyodás, tápelemhiány vagy annak egyoldalú túlsúlya, talajszennyezés, aszály stb. Mivel a homoktalajok átalakító, szűrő, pufferoló és megkötő képessége csekély, nem nyújthatnak megfelelő védelmet a talajvizek szennyeződése ellen. Különösen ha a talajvíz a felszínhez közel helyezkedik el az ivóvízbázisok könnyen szennyeződhetnek nitráttal, nehézfémekkel, műtrágyák vivőanyagaival, növényvédő szerek maradványaival és bomlástermékeivel, esetleg szerves szennyezőkkel (Kádár 1999, Németh 1996, Várallyay 1998).

A fentiekből adódóan a homoktalajokkal való törődés nem pusztán vagy nem csak az agrárpolitika feladata, hanem a környezet megóvásának, illetve a környezetvédelemnek és környezetgazdálkodásnak is fontos eleme. Tágabban tehát nemzetgazdasági érdek és nemzeti ügy. Sajnos mindez nem tudatosul eléggé vagy elfelejtődött még a szakkörök egy részében is. Homok termőhelyeink általában az ország legszegényebb, leginkább elmaradott régiói, ahol a talajok rossz víztartó képessége, szélsőséges hógazdálkodása, a gyakori homokverés (szélerózió) miatt kevesebb növény termeszthető biztonsággal. Sajnos a homokkutatás és a homoki kísérletezés visszaszorult, a pótolhatatlan tudományos és történeti értéket jelentő tartamkísérletek száma fogy. Fontosnak és időszerűnek tekintjük ezért a nyírlugosi tartamkísérletünk eredményeinek bemutatását.

A talajok adszorpciós kapacitása (T-érték) a nyírségi kovárványos barna erdőtalajokra jellemzően általában kicsi, 4-10 mg/100 g. A kovárvánnyal csíkozott szintekben azonban a T értéke 15-21 mg/100 g tartományba emelkedhet a nagyobb agyagfrakció miatt. A bázistelítettség 50-80 % között ingadozott a kísérlet beállításakor a 60-as évek elején, míg a 80-as évek végén Várallyay (1994) vizsgálatai szerint 30-50 %-ra süllyedt a műtrágyázott szántott rétegben. Az alsóbb talajrétegekben a bázistelítettség érdemben nem változott és 60-90 % körüli maradt. Megemlíthető, hogy ugyanezen idő alatt a talaj eredeti 5,0 körüli pH(KCl) értéke a trágyázatlan parcellán 4,6 míg a műtrágyázotton 3,9 értékre csökkent.

A kísérlet 22. évében végzett talajvizsgálatok eredményei szerint műtrágyázással, elsősorban a N használatával a talaj tovább savanyodott, míg a mérsékelt Ca és Mg adagolás ellensúlyozta e folyamatot. Az együttes CaMg kezelésben a talaj pH(KCl) értéke 5.9-re emelkedett. A humuszban szegény talaj humuszkészletében nem lehetett változást igazolni a kezeléseik eredményeképpen. A kontroll parcellák 60-70 mg/kg AL-P₂O₅, illetve AL-K₂O készlete azonban átlagosan megduplázódott a megfelelő kezeléseikben és a P-ral illetve K-mal gyengén ellátott talaj a hazai szaktanácsadásban kielégítőnek minősülő ellátottsági kategóriába jutott.

II. A Nyírség természeti földrajza

A homoktalajok térbeli eloszlása az ország területén nem egyenletes. A kisebb-nagyobb homoki területek az ösfolyók medrét kísérik, melyek közül a három legnagyobb önálló tájat alkot: Duna-Tisza közti Homokhát, Nyírség, valamint a Somogyi Homokhát. E három nagy táj közül a következőkben rövid áttekintést adunk a Nyírség geológiai kialakulásáról, talajviszonyairól, vízrajzáról és éghajlatáról Borsy (1961), Kádár L. (1951), Pécsi (1969), Rónai (1956), Udvarhelyi (1968), Kléh és Szűcs (1954) és Stefanovits (1966) munkái nyomán.

1. A Nyírség geológiája, szerkezete

A Nyírség az Ős-Tisza és mellékfolyóinak jégkorszaki hordalékkúpja. Régebbi nézetekkel ellentétben nem a szél által ideszállított, hanem közvetlenül lerakott folyami hordalék. Annak a hatalmas hordalékkúpnek a maradványa, melyet a pleisztocén korban az ÉK-i Kárpátokból és Erdély É-i részéből lefutó folyók építettek az Alföld ÉK-i részén. Ebben a korban még hordalékgyűjtő terület, melyen a szállított anyagok akkumulációját a Kárpátok egyidejű emelkedése is elősegítette.

A nyírségi hordalékkúp épülése a pleisztocén végéig tartott. Ekkor tektonikus mozgások következtében a Nyírséget övező kis medencék felszíne (Bodrogköz, Rétköz, Bereg-Szatmári síkság) süllyedésnek indult és ezzel együtt a Nyírség enyhén megemelkedett. A megemelt hordalékkúp előtt a folyók megtorpantak, É felé fordultak, egyesültek a Bodroggal és attól kezdve a Tokaj-Rakamaz kapun léptek ki. A hordalék-akkumuláció folyamatát a hordalékkúp eróziós-deflációs pusztulási folyamata váltotta fel. Ezzel a táj életében új korszak kezdődött: legfontosabb felszínalakító tényező már nem a folyóvíz, hanem a szél lett (Borsy 1961, Pécsi 1969, Rónai 1956).

Megjegyezzük, hogy a futóhomok ideszállítását és felhasználását Cholnoky még a szélnek tulajdonította. Csak a későbbi vizsgálatok igazolták a Nyírség hordalékkúp voltát, amelyben a futóhomok alatt nem lösztábla, hanem durva homok és kavics rétegződik. Azon É-ről jövő folyók töltötték meg 120-300 m vastagon kavicssal és homokkal, melyek a mai Sárrét felé igyekeztek, hogy ott a Tiszával egyesüljenek. (Udvarhelyi 1968).

A hordalékkúp anyagában kvarckavicsot, vulkáni kőzetekből származó kavicsot, folyóvízi homokot és iszapos-agyagos rétegeket különböztethetünk meg. A hordalék finomodása É-ről D-re az egykori folyók

folyási irányát igazolja. A jelen levő lösz egy része eolitus eredetű, más része a folyók által osztályozott legfinomabb anyagból származik és közvetlenül a vízből rakódott le. De mindkét esetben helyi eredetű. A lösz a homokra telepedett vagy beépült. A két anyag keveredése következtében a típusos lösz sok helyen a homokos lösz vagy löszös homok váltja fel. A felszínen a lösz főként a Nyírség ÉNY-i peremét takarja a jégkor-végi uralkodó É-i szelek munkájának eredményeképpen, míg az elterjedtebb futóhomok D-DK-en uralkodó, ahol vastagsága a 25-30 métert is eléri.

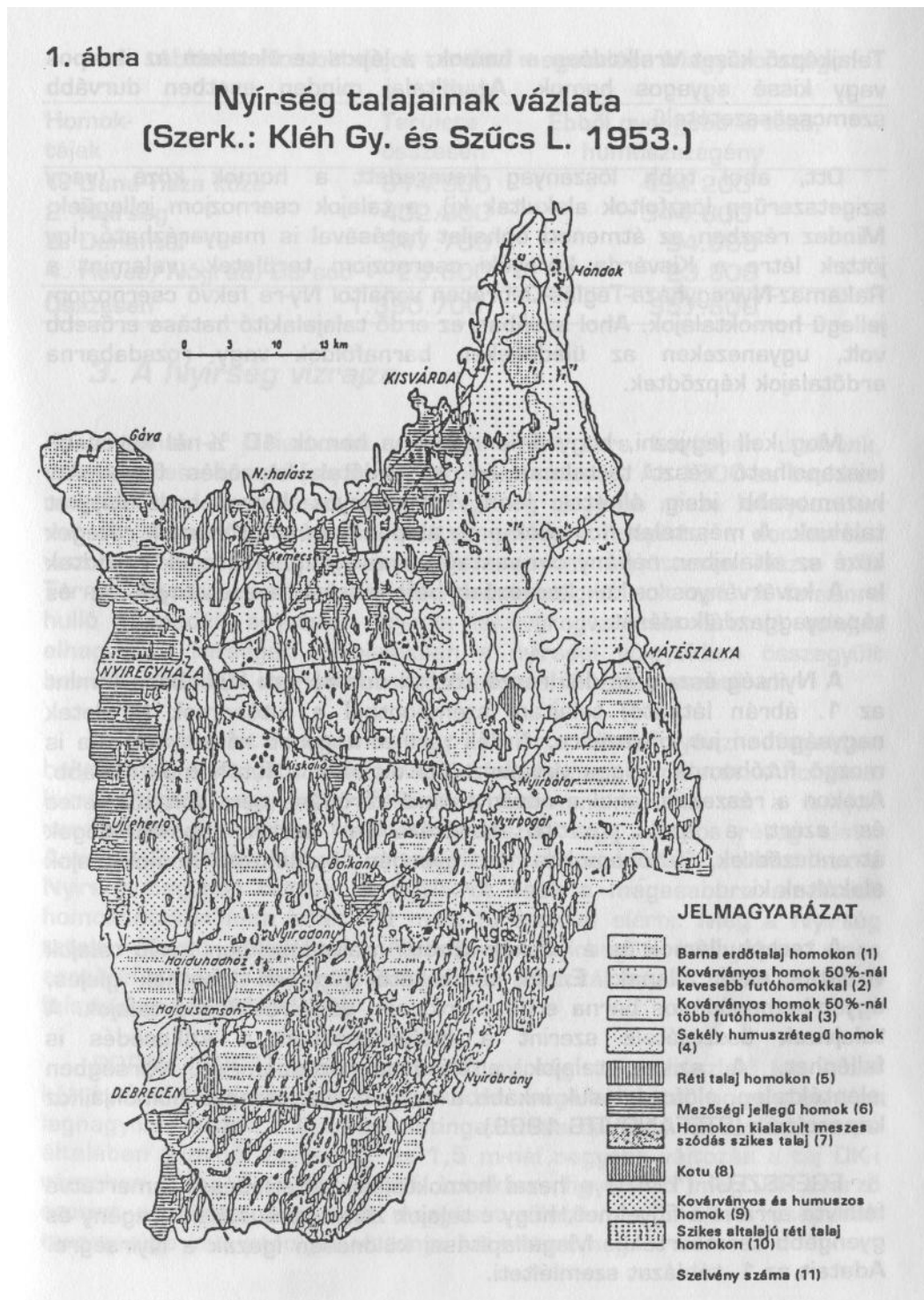
Mint arra utaltunk, a pleisztocén folyóvízi üledék felsőbb rétegei a homok mellett sok finom alkotórészt is tartalmaztak. Amikor a szél az ilyen felszínt megtámadta, a finom anyagokat magával ragadta és csak a durvább szemeket görgette tovább.

Utóbbiból képződtek a különböző futóhomok-formák, míg a levegőbe emelt majd lerakódott finom porból a lösz. A Nyírség mindkét eolitus üledékének alapanyaga tehát a hordalékkútból származik és képződésük egy időben történt. A táj völgyei általában É-D irányúak, a régi folyók útvonalát követik és hosszabb egyenes szakaszok után villásan elágaznak. Ez a jelenség is a folyók hordalékszállító mechanizmusával függ össze (Kádár L. 1951, Rónai 1956).

2. A Nyírség talajviszonyai

A Nyírség felszíne napjainkban rendkívül változatos képet mutat, bár a magasság-különbségek mindössze 10-20 métert tesznek ki. A domborzati formák a tájat két eltérő részre osztják. A homokvonalatok északon ÉNY-DK irányúak, míg délen ÉK-DNY irányt mutatnak. A két terület között a Kádár L. (1951) által leírt Mátészalka-Debrecen vízválasztó képez határt. A homokvonalatok között húzódó kisebb-nagyobb lapos területek szolgálnak ma is a felületi vizek elvezetésére. Nagy általánosságban azonban a táj K-ról NY felé enyhén lejtő sík területnek tekinthető, melyből ÉNY-DK irányú keskeny buckasorok emelkednek ki. Mindez hatással van a talajok kialakulására.

A táj talajtakaróját Kléh és Szűcs (1954), valamint Stefanovits (1966) munkái nyomán ismerhetjük. A Nyírség talajainak előfordulását az 1. ábrán bemutatott talajtérkép szemlélteti.



Talajképző kőzet uralkodóan a homok, a lápos területeken az iszapos vagy kissé agyagos homok. Az altalaj minden esetben durvább szemcseösszetételű.

Ott, ahol több löszanyag keveredett a homok közé (vagy szigetszerűen löszfoltok alakultak ki), a talajok csernozjom jellegűek. Mindez részben az átmeneti éghajlat hatásával is magyarázható. Így jöttek létre a Kisvárdai környéki csernozjom területek, valamint a Rakamaz-Nyíregyháza-Téglás-Debrecen vonaltól Ny-ra fekvő csernozjom jellegű homoktalajok. Ahol azonban az erdő talajalakító hatása erősebb volt, ugyanezeneken az üledékeken barnaföldek vagy rozsdabarna erdőtalajok képződtek.

Meg kell jegyezni, hogy amennyiben a homok 10 %-nál kevesebb leiszapolható részt tartalmaz és az erdőtalaj-képződés folyamatai huzamosabb ideig állottak fenn, kovárványos barna erdőtalajokat találunk. A mésztelen homokok eme altípusában a futóhomok rétegek közé az altalajban néhány cm vastag vasas-agyagos rétegek rakódtak le. A kovárványos csíkok kedvezően befolyásolják a szelvények víz- és tápanyaggazdálkodását.

A Nyírség északi és déli része közötti domborzati különbség (amint az 1. ábrán látható) talajtani szempontból a futóhomok területek nagyságában jut kifejezésre. A déli terület nagyobb része még ma is mozgó futóhomok, míg a vízváltástól északra a futóhomok ritkább. Azokon a részeken, ahol a növénytakaró záródása nem volt tökéletes és ezért a szél pusztító hatására a felszíni homokrétegek átrendeződtek, futóhomokos és gyengén humuszos homoktalajok alakultak ki.

A terephullámok és a buckák közötti mélyedésekben fekvő talajok vízhatás alatt állanak. Ennek mértékétől függően lehetnek glejes, agyag-bemosódásos barna erdőtalajok, réti vagy réti lápos talajok. A talajvizek összetétele szerint a mélyedésekben a szikesedés is felléphet. A szikes talajok elterjedése azonban a Nyírségben jelentéktelen, előfordulásuk inkább a nyugati rész iszapos homokjaihoz kapcsolódik (Stefanovits 1966).

Egerszegi (1960) a hazai homoktalajok elterjedését ismertette felhívta arra is a figyelmet, hogy e talajok zöme humuszban szegény és gyengébb termőértékű. Megállapításai igazak a Nyírség nagy tájára is. Adatait az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: Homoktalajok területi megoszlása Magyarországon (ha)

Homok-talajok	Területe összesen	Ebből gyengébb értékű, humuszszegény	Humuszszegény %-ban
1. Duna-Tisza köze	614.900	494.200	80
2. Nyírség	402.300	344.800	86
3. Dunántúl	347.700	94.800	27
4. Heves/Nógrád/Borsod	25.800	23.800	92
Összesen	1.390.700	957.600	69

3. A Nyírség vízrajza

A tájnak a pleisztocén végétől, amint arra korábban utaltunk, természetes állapotú folyója ill. vízfolyása nincsen. Az 1800-as években megkezdett lecsapolások előtt a Nyírség nagyobb része lefolyástalan volt. A lefolyástalanságot a sajátos geológiai felépítés, a domborzati viszonyok és a relatíve mérsékelt csapadék együttesen idézte elő. Természetesen csak felszíni lefolyástalanságról volt szó. A felszínre hulló csapadék egy része ugyanis leszivároghatva mint áramló talajvíz elhagyta a térséget. Napjainkban a nyírségi völgyekben összegyűlt belvizet közel 3,5 ezer km hosszú csatornahálózaton vezetik el.

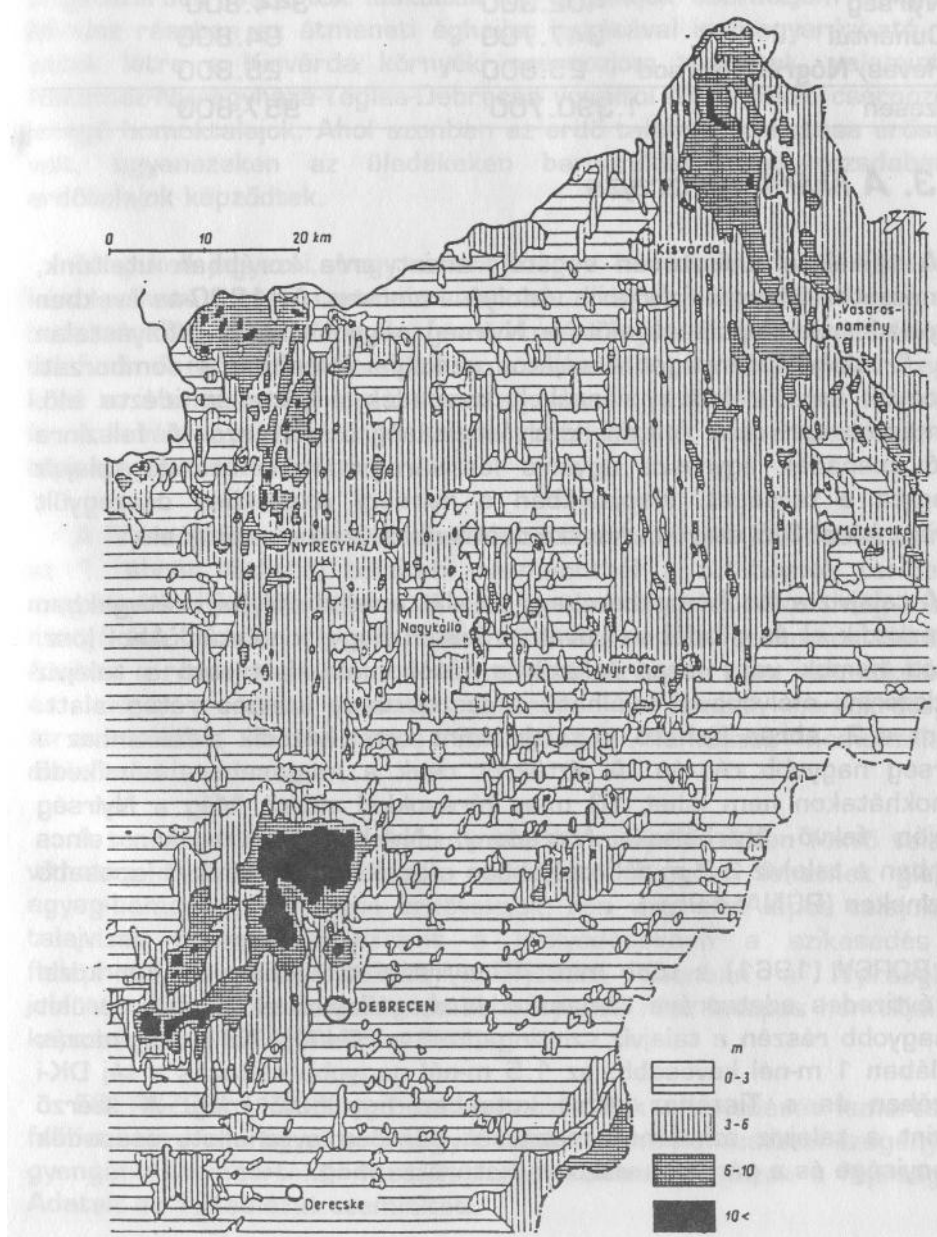
A talajvíz a futóhomokban vagy az alatta fekvő folyóvízi rétegekben helyezkedik el és általában követi a felszín nagy vonulatát. Ahol lösz, löszös homok vagy iszap fekszik a futóhomok alatt, ott a talajvíz rendszerint mélyebben található a löszös vagy iszapos réteg alatt. Amint a 2. ábrán látható, a talajvízszint

közel húzódik a felszínhez a Nyírség nagyobb részén. A víztükört csak a magasabbra emelkedő homokháton nem lehet 10 m-es fúrásokkal elérni. Még a Nyírség tetején fekvő Nyírbéltek, Nyíradony, Nyírbogát környékén sincs azonban a talajvíz 2-3 m-nél mélyebben a buckák között fekvő laposabb felszíneken (Rónai 1956).

Borsy (1961) a több mint 40 nyírségi talajvíz-észlelő kút közel két évtizedes adatsorára támaszkodva megállapította, hogy a terület legnagyobb részén a talajvíz színtingadozása csekély. Az évi ingadozás általában 1 m-nél kevesebb, az 1,5 m-nél nagyobb változás a táj DK-i részében és a Tiszához közeli kutakban figyelhető meg. A szerző szerint a talajvíz szintjének mozgását döntően a lehullott csapadék mennyisége és a párolgás viszonya határozza meg.

2. ábra

A talajvíztükör mélysége a felszín alatt
a Nyírségben
(Rónai A. 1956)



A talajvizek kémiai összetételéről Kléh és Szűcs (1954) adataiból tájékozódhatunk. A Nyírség talajfelvételezésekor begyűjtött vízminták elemzésének eredményeit összegezve a szerzők megállapítják, hogy a talajvizek átlagosan közepes keménységűek és túlnyomórészt alkáli-földfém hidrokarbonátot tartalmaznak. A vizek összetételében nagyobb különbségeket nem észleltek. Szerintük ez a talajvizek közös eredetére utal és alátámasztja azt a feltételezésüket, hogy a talajvizek a lehulló csapadékvizekből táplálkoznak.

4. A Nyírség természetes növénytakarója

Növényföldrajzi szempontból hazánk egyik legjobban feldolgozott területe a Nyírség, jegyzi meg Borsy (1961), mivel Soó Rezső és munkatársai közel három évtizeden keresztül végeztek itt részletes feltárásokat. Az általános vélemény szerint, amennyiben emberi beavatkozás nem állna fenn, a táj természetes fejlődése tölgyesek kialakulásához vezetne. A Nyírség területének nagyobb része napjainkban művelés alatt áll, hagyományos növényei az alma, burgonya, rozs, dohány.

A tölgyerdők valamikor nagy területet borítottak, az egykori erdőségekből még a XVIII. században is sok megvolt. A Nyíregyháza-Debrecen vonaltól K-re legalább 30 %-os volt az erdősültség. Ugyanakkor a Ny-i részeken ritkább volt az erdő és a XVIII. században már erdőket nem találunk. Itt az erdőirtás erőteljesebb volt, mivel a táj legjobb termőföldjei itt helyezkednek el. Mindezek ellenére a Nyírség tájképe változatos maradt, az erdősültség a 4-5 % alföldi átlaggal szemben eléri a 12 %-ot. A déli részeken az erdő (homokvédő erdősávokkal is gazdagodva) a 25 %-ot is meghaladja.

Az állományok felét a homok megkötésére alkalmas akác képviseli. Ezt követi a kocsányos tölgy gazdag aljnövényzettel, majd a szárazabb homokra jellemző pusztai tölgyes. A nyíri tavak mellékét a vízi és mocsári növények sokasága takarja: nádasok, zombékosok, mocsári rétek. Amint Borsy (1961) megjegyzi: "A benyomuló ekevas a korábbi növényzetet sok helyen teljesen eltüntette. Ennek ellenére Alföldünk erősen pusztuló vízinövényeiből a Nyírség őrzött meg legtöbbet, mert a táj természetéből eredően itt nem járhatott a lecsapolás olyan eredménnyel, mint az Alföld más területein."

5. A Nyírség éghajlata

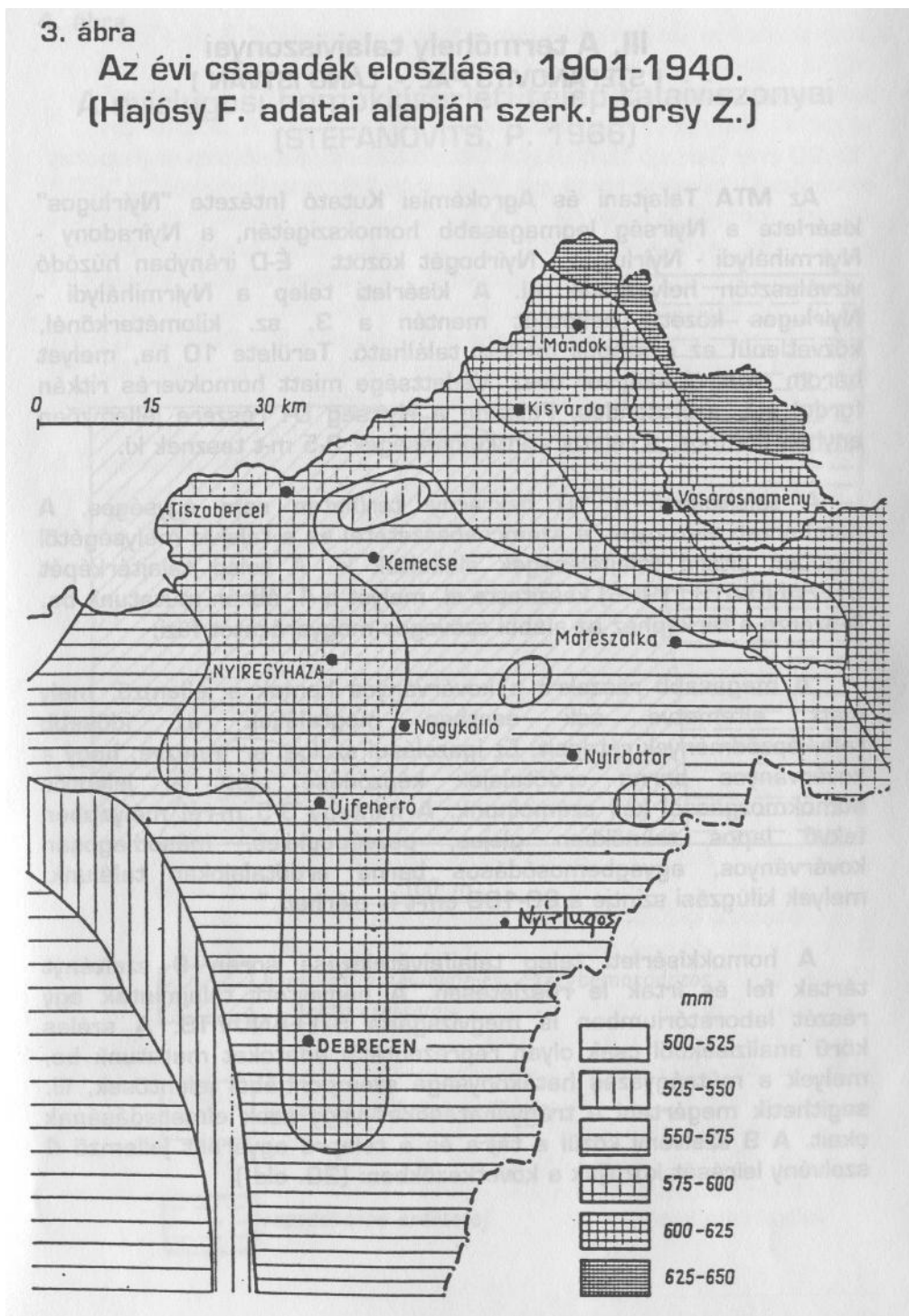
A tájon nagyobb kiemelkedések nincsenek, ezért az éghajlatban nem mutatkozik olyan területi változatosság, mint a hegyvidéken. Északi fekvése miatt valamivel hűvösebb a Nyírség klímája, mint az alföldi. Az évi középhőmérséklet alacsonyabb, a tele zord, a nyár nem annyira forró. Magyarország legmagasabb hegységeit nem számítva, a tél a Nyírségben a leghidegebb.

A zord telek egyik okozója a csatornahatás révén erősödő É-ÉK irányú széljárás, mely a homok átrendeződésének, a deflációs formakincs létrehozásának is fő tényezője volt. A csatornahatás fordított irányban is érvényesül. A csapadékot szállító nyugati szél a Nyírségben torlódik, az Ukrán Kárpátokba emelkedik és ekkor csapadékot növelő hatású. A viszonylag nedvesebb éghajlata és az ezzel járó dúsabb vegetáció a Nyírséget megkülönbözteti a másik nagy homokos tájtól, a Kiskunságtól (Udvarhelyi 1968).

A főbb éghajlati elemek tér- és időbeli eloszlása röviden az alábbiak szerint jellemezhető:

1. A napsütés éves összege 1900-2000 óra átlagosan, csak a terület DNy-i részén haladja meg kevéssel a 2000 órát.
2. A tél hideg, a kitavaszkodás későn indul meg, a késő tavaszi fagyveszély nagy. A nyári meleg mérsékelt, a júliusi középhőmérséklet 20-21 °C és ÉK felé haladva csökken a Kárpátok közelségéből eredően. A nyári felmelegedés szélsőségei itt is kifejezettek, de az éjszakai lehűlés ekkor is jelentős.
3. A DNy-i és ÉK-i irányú szelek uralkodnak. Mivel az ÉK-i hideg betörések fő útvonala a Nyírségen áthalad, a táj hazánk szeles körzeteihez tartozik.
4. Csapadék szempontjából kedvezőbb a Nyírség helyzete, mint az Alföld mélyebben fekvő szárazabb területeinek.

Az évi csapadékeloszlást a 3. ábra szemlélteti. Amint az ábrán látható, a csapadék sokévi átlaga néhány kisebb terület kivételével mindenütt meghaladja az 550 mm-t. Északon ez a mennyiség már 600-650 mm közötti. A csapadékjáráásra erős júniusi maximum (65-77 mm) és januári minimum (28-35 mm) jellemző. Az őszi másodmaximum gyengén fejlett. A táj északi részén gyakoriak a pusztító felhőszakadások a Ny-i szelek csapadék-akkumulációjából eredően. A csapadékjáráás egyik jellemzője a tavasz elejei szárazság. A Nyírség középső része márciusban hazánk legszárazabb területeihez tartozik.



III. A nyírlugosi tartamkísérlet ismertetése

Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete "Nyírlugos" kísérlete a Nyírség legmagasabb homokszigetén, a Nyíradony - Nyírmihálydi - Nyírlugos - Nyírbogát között É-D irányban húzódó vízválasztón helyezkedik el. A kísérleti telep a Nyírmihálydi - Nyírlugos közötti bekötőút mentén a 3. sz. kilométerkőnél, közvetlenül az országút mellett található. Területe 10 ha, melyet három oldalról akác sor övez. Védeltségé miatt homokverés ritkán fordul elő, szélcsendes. Felszíne a Nyírség D-i részére jellemzően enyhén dombos, a relatív szintkülönbségek 3-5 m-t tesznek ki.

1. A termőhely talajviszonyai

A talajtakaró a 10 hektáros területen sem egységes. A domborzati viszonyok, a szemcseösszetétel és a talajvíz mélységétől függően eltérő talajfelelések alakultak ki. A telep talajtérképét Stefanovits (1966) készítette el. A szerző a térképhez az alábbi szöveges magyarázatot fűzi:

"A magasabb részekre a kovárányos homok a jellemző, mely alatt eltemetve sok esetben megtaláljuk az idősebb talajképződmények rétegeit. Ez igazolásul szolgál arra nézve, hogy a kovárányos barna erdőtalajok képződése előtt is jelentős homokmozgással kell számolnunk. A mintegy 3-5 m-rel mélyebben fekvő lapos teknőkben glejes, pszeudoglejes, másodlagosan kovárányos, agyagbemosódásos barna erdőtalajokat találunk, melyek kilúgzási szintje a 80-100 cm-t is elérheti." A homokkísérleti telep talajfelvételezése során 9 szelvényt tártak fel és írtak le részletesen.

A nyírlugosi telep homoktalajainak mechanikai összetételéről a kiválasztott 1. és 6. szelvény adatai alapján a 2. táblázatban tájékozódhatunk. A %-os adatok azt mutatják, hogy az uralkodó szemcsenagyság a Nyírség tájára jellemzően 0,1-0,2 mm. Megállapítható továbbá, hogy a vizsgált talajok mechanikai összetétele határozott összefüggést mutat a domborzattal, a talajok térszín szerinti elhelyezkedésével, még ezen a relatív kis területen is.

A terület legmagasabb pontján, a környezetéből kb. 3 m-rel kiemelkedő homokbucka felső 105 cm rétegében a homok sokkal durvább szemű. Finomabb port (0,05 - 0,02 mm) és iszapot (0,02 - 0,002 mm) nem is tartalmaz. Erre utalnak a 3.sz. szelvény adatai. Ezzel szemben a terület legmélyebb pontján, a sík terület közepén feltárt 6.sz. szelvény 0-150 cm rétegében jelentősen nagyobb a por és az iszap, ill. az agyag frakció aránya: por = 16-22 %, iszap = 6-11 %, agyag = 4-17 %. Fontos kiemelni, hogy a talajok kolloidtartalma a 0-55 cm rétegekben mindössze 3 % körüli. Az alsóbb szintekben ugyanakkor a talaj termékenység (víz- és tápanyaggazdálkodása) szempontjából oly fontos kolloidális frakció mennyisége jelentősen feldúsul. A kolloid méretű szemcsék mennyisége, különösen a kováránycsíkokkal tagolt B és C szintekben, eléri a 12-14 %-ot, esetenként a 17 %-ot is.

A talajok kémiai tulajdonságait részben a feltárt szelvények részletes elemzésével, részben a szántott réteg agrokémiai paramétereivel jellemezzük. A kicserélhető kationok mennyiségét, valamint az S és T értékeket a 3. táblázatban foglaltuk össze az említett 4 szelvény adatai alapján. A kicserélhető kationok között a Ca ion dominál a jelentős Mg-értékek mellett. Mindez igaz a talajprofil egészére és minden szelvényre. A Ca ion a kicserélhető kationok 58-86 %-át, míg a Mg ion a 15-38 %-át képezi. A K és a Na részaránya mindössze néhány % körüli vagy alatti. A K a szántott rétegben akkumulálódott, míg a Na egyenesen oszlik el a talajszelvényben a kicserélhető kationok között.

A talajok adszorpciós kapacitása (T-érték) különösen a felsőbb talajrétegekben nagyobb, mint az S-érték, a bázistelítettség. A művelt talajszint viszonylagos telítetlensége jelentős (V=50-80 %). Az adszorpciós kapacitás a nyírségi kovárányos barna erdőtalajokra jellemzően általában kicsi, 4-9 mgé/100 g talaj értékeket mutat. A kováránnyal csíkozott szintekben azonban a T-érték 15-21 mgé/100 g tartományba emelkedik a magasabb agyagtartalom következtében

2. táblázat

Nyírlugosi homoktalajok mechanikai összetétele %-ban (Láng 1973)

Talaj- szint, cm.	>0,2	0,2- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,01	0,01 0,005	0,005- 0,002	0,002>
1. sz. talajszelvény								
0-20	2,4	82,3	4,5	2,8	3,2	0,4	1,6	2,8
20-45	5,3	67,6	19,1	2,4	1,2	0,8	0,8	2,8
45-60	3,3	75,6	12,2	0,8	1,2	1,6	1,2	4,1
60-90	3,7	67,5	14,6	1,6	0,4	0,4	1,6	10,2
90-120	4,5	70,7	16,3	2,0	-	-	-	6,5
120-140	4,1	76,4	13,8	2,0	-	-	-	3,7
140-180	4,5	77,2	14,2	-	-	-	-	
6. sz. talajszelvény								
0-20	6,5	41,4	21,5	15,5	4,5	3,7	2,4	4,5
20-55	2,4	47,1	22,8	17,1	2,4	1,6	3,7	2,9
55-80	2,4	31,7	18,3	21,6	4,9	2,4	1,6	17,1
80-150	4,1	40,8	16,3	18,8	3,3	2,4	0,4	13,9

3. táblázat

Nyírlugosi homoktalajok talajkémiai jellemzői (Láng 1973)

Mélység cm	Kationok az S-érték %-ában				mgeé/100 g talaj	
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S-érték	T-érték
1.sz. talajszelvény						
0-20	59	35	5	1	5,1	8,6
20-45	77	18	4	1	5,5	7,8
45-60	68	29	2	1	7,3	8,2
60-90	75	21	2	2	10,3	15,4
90-120	70	26	1	2	8,2	8,3
120-140	68	29	1	2	7,4	8,4
140-180	62	36	1	1	7,2	7,8
6.sz. talajszelvény						
0-20	81	15	3	1	8,5	12,1
20-55	71	28	-	1	4,6	5,2
55-80	62	34	2	2	12,6	20,8
80-150	58	38	3	2	13,3	19,2

2. A csapadékellátottság alakulása

A közölt csapadék-adatokkal kapcsolatban megjegyezzük, hogy a kísérlet első 10 évében, 1963-1972. között a Nyírlugosi Állami Gazdaságban regisztrált csapadék mennyiségeket vettük alapul. A további években, saját adat híján, az Országos Meteorológiai Intézet Nyíregyháza állomásának adatait közöljük. Az állomás a kísérleti területtől légvonalban mindössze 35 km-re fekszik. A Nyíregyházán 1951-1980. között észlelt 30 éves átlag szerint a kísérleti terület térségében 551 mm volt a sokéves átlag. A mért 10 év átlaga 532 mm-nek adódott, nagy eltéréseket mutatva az egyes évek között. (4. táblázat)

A csapadék megoszlását feltüntettük negyedévenkénti bontásban, valamint az őszi és a tavaszi vetésű növények tenyészideje alatt hullott csapadék mennyisége szerint is. Amint a 4-5. táblázatban látható, elsősorban a tavaszi vetések biztonságát veszélyezteti az aszály. Aszályos években a tenyészidő alatt lehulló 200 mm körüli csapadékellátás nem teszi lehetővé a biztonságos növénytermesztést. A homoktalaj felső rétege gyorsan elveszti vízkészletét, a fiatal vetések nem képesek a mélyebben fekvő talajvizet elérni és hasznosítani. Általában elmondható, hogy a legszárazabb az első negyedév (tél-kora tavasz), legcsapadékosabb pedig általában, illetve a sokév átlagában a május, június és július hónap.

A műtrágyák érvényesülését a csapadék és hőmérsékleti viszonyok döntően meghatározzák. A gazdaság nemcsak a lehullott légköri csapadék mennyiségét regisztrálta a kísérlet első 10 évében, hanem rendszeresen mérte a napi maximális és minimális hőmérsékleti adatokat is. Öntözés nélküli természetnél a talaj és a növény vízgazdálkodása kritikus tényezővé válik homoktalajon. Fontos azonban a hőmérsékleti maximumok és minimumok ismerete is a termesztett növény egyedfejlődésének kritikus szakaszaiban.

Láng (1973) szerint a május-júniusi csapadék mennyisége igen lényeges az őszi rozs termésképzésében, Nyírlugos viszonyai között. A június 20 - július 5. közötti maximális hőmérséklet szintén alapvetően befolyásolhatja a rozs fejlődését. A korai burgonyánál (Gülbaba) a VIVII. havi csapadékösszeg, valamint a VII. 15 - VIII. 15. közötti maximális hőmérséklet döntheti el jórészt a gumótermés mennyiségét és a gumók nagyság szerinti megoszlását. A szerző szerint: "a késői burgonya fajtánál (Aranyalma) a július - augusztusi csapadékösszeg és az VIII. 15 - IX. 15. közötti időszak maximális hőmérséklete jelentheti a kritikus tényezőt."

4.táblázat

Havi és évi csapadékösszegek mm-ben
(Nyírlugos, 1961-1985)

Év	Hónapok											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1961	19	27	10	46	34	43	46	16	1	13	73	45
1962	25	20	38	29	29	20	30	40	20	1	89	25
1963	66	48	50	21	39	58	19	25	40	57	13	45
1964	5	27	45	39	15	37	5	67	58	81	18	92
1965	43	15	26	56	79	74	77	97	34	1	112	91
1966	28	29	19	15	62	91	87	77	55	76	60	72
1967	41	22	22	43	22	47	26	29	34	21	18	51
1968	26	42	14	27	40	24	43	72	84	15	55	41
1969	4	70	16	42	28	38	49	53	41	15	42	41
1970	45	31	47	76	88	156	86	54	46	19	38	73
1971	40	8	15	43	133	33	58	22	14	28	25	24
1972	22	22	18	26	93	35	49	40	46	26	44	0
1973	4	38	3	40	55	119	88	13	11	32	16	9
1974	25	21	0	5	75	176	59	53	33	156	18	20
1975	9	12	29	27	43	95	59	80	33	45	6	46
1976	22	0	39	28	42	42	26	10	93	45	37	61
1977	56	69	58	52	21	52	94	48	42	16	49	29
1978	17	31	15	51	105	87	147	34	24	16	28	54
1979	83	30	50	29	38	49	114	61	4	15	38	25
1980	22	17	45	48	80	125	170	85	26	78	96	20
1981	20	7	42	24	28	38	106	40	82	42	17	93
1982	23	5	20	37	23	97	58	59	31	25	12	25
1983	28	27	29	51	43	43	38	24	42	23	50	5
1984	36	15	37	16	82	86	59	43	80	26	44	30
1985	26	13	31	40	94	62	68	99	13	7	93	32
1986	47	29	10	30	30	34	49	74	0	17	5	28
1987	37	18	57	31	66	40	26	55	25	18	48	46
1988	46	47	48	45	40	50	66	76	69	11	13	47
1989	12	19	21	87	83	93	105	34	17	13	37	6
1990	13	24	3	50	56	29	33	17	41	49	35	42
1991	6	47	7	54	101	47	69	45	32	94	39	37
1992	10	9	11	18	21	96	36	6	80	72	60	20
1993	6	12	24	44	37	53	59	25	32	45	44	44
1994	39	28	13	59	61	15	18	31	57	41	17	23
1995	28	45	19	69	28	110	8	75	44	4	42	35
1996	28	14	14	15	75	9	29	76	190	63	15	52
1997	10	12	3	44	67	61	63	39	10	18	66	55
1998	15	5	8	115	73	92	144	41	85	61	59	29
1999	28	88	28	71	61	101	47	79	36	27	101	114
2000	13	21	34	62	25	20	67	8	56	1	21	60
2001	50	21	116	42	25	64	134	17	67	7	41	8
2002	13	41	31	22	56	45	6	102	62	28	53	23
2003	38	49	0	25	25	14	77	2	56	121	39	29
2004	33	52	67	40	30	70	120	72	42	35	75	46
2005	33	57	15	84	69	53	95	100	34	0	50	85
2006	36	32	108	84	105	60	23	141	6	32	19	6
2007	24	60	15	0	98	74	30	30	108	78	50	13
2008	16	8	40	36	110	134	139	39	42	14	19	70
2009	23	31	53	3	38	45	11	21	12	65	80	55
2010	34	51	23	44	138	105	82	37	91	21	74	33
50 éves átlag	27	29	30	42	58	63	64	50	46	36	44	41

5. táblázat

Negyedévi és tenyészideji csapadék összegek mm-ben
(Nyírlugos 1961-1985)

Év	Negyedév				Tenyészidő		Összeg
	I	II	III	IV	IV-IX	X-VI	
1961	56	123	63	131	186	310	373
1962	83	78	90	115	168	276	366
1963	164	118	84	115	202	407	481
1964	77	91	130	191	221	282	489
1965	84	209	208	204	417	484	705
1966	76	168	219	208	387	448	671
1967	85	112	89	90	201	405	376
1968	82	91	199	111	290	263	483
1969	90	108	143	98	251	309	439
1970	123	320	186	130	506	541	759
1971	63	209	94	77	303	412	443
1972	62	154	135	70	289	293	421
1973	45	214	112	57	326	329	428
1974	46	256	145	194	401	395	641
1975	50	165	172	97	337	409	484
1976	61	112	129	143	241	270	445
1977	183	125	184	94	309	451	586
1978	63	243	205	98	448	400	609
1979	163	116	179	78	295	377	536
1980	84	253	281	194	534	415	812
1981	69	90	228	152	318	353	539
1982	48	157	148	62	305	357	415
1983	84	137	104	78	241	283	403
1984	88	184	182	100	366	350	554
1985	70	196	180	132	376	366	578
1986	86	94	123	50	217	312	353
1987	112	137	106	112	243	299	467
1988	141	135	211	71	346	388	558
1989	52	263	156	56	419	386	527
1990	40	135	91	126	226	246	392
1991	60	202	146	170	348	388	578
1992	30	135	122	152	257	335	439
1993	42	134	116	133	250	328	425
1994	80	135	106	81	241	348	402
1995	92	207	127	81	334	380	507
1996	56	99	295	130	394	236	580
1997	25	172	112	139	284	327	448
1998	28	280	270	149	550	447	727
1999	144	233	162	242	395	526	781
2000	68	107	131	82	238	417	388
2001	187	131	218	56	349	400	592
2002	85	123	170	104	293	264	482
2003	87	64	135	189	199	255	475
2004	152	140	234	156	374	481	682
2005	105	206	229	135	435	467	675
2006	176	249	170	57	419	560	652
2007	99	172	168	140	340	327	580
2008	64	280	220	103	500	484	667
2009	107	113	44	200	157	323	464
2010	108	287	210	128	497	595	733
50 éves átlag	87	163	157	121	325	373	532

3. A kísérlet módszere és a növényi sorrend

A kísérletet 1962 őszén állította be Láng István azzal a céllal, hogy a különböző agrotechnikai beavatkozások (műtrágyázás, fajta, szántási mélység, elővetemény) hatását vizsgálja a nyírségi homoktalaj termékenységére, ill. a két alapvető szántóföldi növény, a burgonya és a rozs termésére. Valójában tehát nem egyszerű kísérletről volt szó, hanem a kísérletek rendszeréről 512 parcella felhasználásával abból a célból, hogy a fontosabb kölcsönhatások szabatos mérése is lehetővé váljon. Méreteit és tartamát tekintve, a maga nemében, e kísérlet egyedülállónak minősülhet a hazai szántóföldi kísérletezésben. Szemes Imre a második, Kádár Imre az ezt követő évtizedekben irányította a munkákat Márton László közreműködésével.

A területen szerves trágyát utoljára 1960 őszén alkalmaztak 31 t/ha mennyiségben. Vetésváltás a burgonya-rozs évenkénti cseréjét jelentette. Burgonya-években az alábbi adatokkal jellemezhető a kísérlet:

Fajta: Gülbaba és Aranyalma (2 főparcella)

Szántás: 20 cm és 40 cm mélységben (2 alparcella)

Műtrágyázás: 16 műtrágyázási kezelés (16 al-alparcella)

Ismétlések száma: 8

Összes parcellaszám: $2 \times 2 \times 16 = 64$ kezelés \times 8 ismétlés = 512 Elrendezés: split-split-plot (többszörösen osztott parcellák) Parcellaméret: $10 \times 5 = 50 \text{ m}^2$ (nettó parcella = $35,5 \text{ m}^2$)

Műtrágyázási kezelések a következők voltak: trágyázatlan kontroll és

N1	N2	N3
N1 P	N2P	N3P
N1 K	N2K	N3K
N1PK	N2PK	N3PK
N1PKMg	N2PKMg	N3PKMg

Évenkénti műtrágyázás:

N1 = 50 kg N/ha

N2 = 100 kg N/ha

N3 = 150 kg N/ha

P = 48 kg P_2O_5 /ha

K = 150 kg K_2O /ha

Mg = 30 kg MgO/ha

A műtrágyákat 25 %-os pétió, 18 %-os szuperfoszfát, 40 %-os kálisó, valamint technikai minőségű magnéziumsulfát (keserűső) alakjában adagolták. A PK trágyákat összesen szántás előtt, a N és Mg sókat pedig tavasszal juttatták ki. Burgonya-években az N1 és N2 adagokat és az N3 adagok 2/3 részét (vagyis N2 mennyiségben) ültetés előtt szórták ki a talaj felszínére, így azokat az ültetéssel járó talajmozgatás keverte el a feltalajjal. A Mg sókat és a fennmaradt nitrogént a burgonya sorolása idején használták fel fejtrágyaként.

A tenyészterület 70×40 cm volt, a vetőgumó minden évben szuperelit minőséget jelentett. Beszerzése a Nyírségi Agrotechnikai Kutató Intézetből történt. Az ültetést kézzel végezték, ezt követte általában két sorközi kapálás (kézzel) és három alkalommal töltögetés lófogattal. A burgonyabogár ellen rendszeresen védekeztek permetezéssel, kezdetben Dieltrin, majd Ultracid 40 WP oldattal. A Gülbaba szedésére rendszerint augusztusban, az Aranyalma betakarítására pedig szeptember végén került sor.

A páros években vetett rozs-kísérlet paraméterei az alábbiak:

Elővetemény: Gülbaba és Aranyalma

Szántás: 20 cm egységesen

Műtrágyázás: I. A 16 eredeti kezelés

II. Ugyanaz PKMg-nélkül (PKMg-utóhatás)

III. Ugyanaz N nélkül (N-utóhatás)

IV. Ugyanaz trágyázás nélkül (tisztá utóhatások)

A 4 műtrágyázási csoportot megfelelő randomizálással helyezték el a főparcellákon, ennek megfelelően az: Ismétlések száma: 4
 Összes parcellaszám: $2 \times 16 \times 4 = 128$ kezelés \times 4 ismétlés = 512 Elrendezés: split-split-plot (többszörösen osztott parcella) Parcellaméret: $10 \times 5 = 50 \text{ m}^2$ (nettó parcella = 30 m^2)

Évenkénti műtrágyázás: N1 = 30 kg N/ha, P = 48 kg P_2O_5 /ha
 N2 = 60 kg N/ha K = 80 kg K_2O /ha
 N3 = 90 kg N/ha Mg = 15 kg MgO/ha

A műtrágyaformák nem változtak. A PK trágyákat szántás előtt, a N és Mg sókat pedig kora tavasszal a hóolvadást követően szórták ki. A vetőmag elit minőséget jelentett 190 kg/ha mennyiségben. A vetés IX. vége - X. eleje között történt az elővetemény (Aranyalma) betakarításától függően. A tavaszi műtrágyaszórásra III. 15-30. között került sor. Az aratást az első évben kézzel, majd a későbbi években parcellakombájnnal (Fergusson) hajtották végre.

A műtrágyák adagjai 1963-80. között változtak és növényenként is eltértek. A 18. év után egységesen műtrágyázunk növényfajtól függetlenül 50-100-150 kg/ha N, 60-120-180 kg/ha P_2O_5 , illetve K_2O , 100-200-400 kg/ha Ca, valamint 40 és 80 kg/ha Mg adagokkal (6. táblázat). A kezelések száma 32, ismétlések száma 4, az összes parcellák száma 128. Az egyes parcellák mérete $5 \times 10 = 50 \text{ m}^2$. A P, K, Ca, Mg műtrágyákat ősszel szántjuk alá, míg a N-t megosztva fele-fele arányban ősszel vetés előtt és tavasszal fejtrágyaként juttatjuk ki. 1997. őszén előretrágyázást alkalmaztunk és a P, K, Ca, Mg trágyaszerek 4 évi mennyiségeit egyszerre adtuk ki.

Amint az 7. táblázatban látható, az első 10 évben a vetésváltás burgonya-rozs, majd ezt követően burgonya-búza volt újabb 8 éven át. A 18. év után megjelent a csillagfűrt, napraforgó, gyeper, sörárpa, dohány és 1991. óta triticale monokultúrává alakult a kísérlet. Korábban a burgonya-években a 20, illetve 40 cm-es szántás, valamint a fajta (korai Gülbaba, késői Aranyalma) is a vizsgálatok tárgyát képezte összesen 512 parcellán.

A parcellák nettó területéről, 1-1 m-t körben elhagyva, több ízben átlagmintákat vettünk a szántott rétegből 20-20 pontminta összekeverésével. A mintákban meghatároztuk a $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ és a $\text{pH}(\text{KCl})$ értékeket, a kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ tartalmakat *Bremner és Keeney* (1966) szerint, valamint a felvehető elemek mennyiségeit $\text{NH}_4\text{-acetát} + \text{EDTA}$ kioldással *Lakanen és Erviö* (1971) módszerével. A kísérlet 44. évében, 2006-ban egyéb talajkémiai paraméterek meghatározására is sor került. A kalászosok mintavételét 8-8 fm, azaz $1-1 \text{ m}^2$ föld feletti anyag felhasználásával végeztük nettó parcellánként. Parcellánkénti kombájn betakarítás nem történt, termésbecslés alapjául is ezek az aratáskori mintakévék szolgáltak. A növényminták $\text{cc HNO}_3 + \text{cc H}_2\text{O}_2$ roncsolás után ICP analízisre kerültek 20-23 elem vizsgálatára. A növénymintavételek módszere kultúránként eltért, melyre az egyes növények eredményeinek bemutatásánál térünk ki.

6. táblázat

Műtrágyázási és meszezési terhelések a kísérletben 1980. óta
 Savanyú homok, kovárványos barna erdőtalaj, Nyírlugos, kg/ha/év

Szintek	N	P_2O_5	K_2O	CaCO_3	MgCO_3
Kontroll	-	-	-	-	-
1	50	60	60	250	140
2	100	120	120	500	280
3	150	180	180	1000	-

Megjegyzés: 28 %-os pétisó, 18 %-os szuperfoszfát, 60 %-os kálisó, 95 %-os meszkőpor és 18 %-os dolomitpor formájában

7.táblázat

Növényi sorrend a nyírlugosi tartamkísérletben 1963 és 2010 között
(Savanyú barna homokos erdőtalaj, Nyírlugos)

Sorszám	Év	Növény	Sorszám	Év	Növény
1.	1963	Burgonya	26.	1988	Dohány
2.	1964	Rozs	27.	1989	Búza
3.	1965	Burgonya	28.	1990	Búza
4.	1966	Rozs	29.	1991	Tritikále
5.	1967	Burgonya	30.	1992	Tritikále
6.	1968	Rozs	31.	1993	Tritikále
7.	1969	Burgonya	32.	1994	Tritikále
8.	1970	Rozs	33.	1995	Tritikále
9.	1971	Burgonya	34.	1996	Tritikále
10.	1972	Rozs	35.	1997	Tritikále
11.	1973	Burgonya	36.	1998	Tritikále
12.	1974	Búza	37.	1999	Tritikále
13.	1975	Burgonya	38.	2000	Tritikále
14.	1976	Búza	39.	2001	Tritikále
15.	1977	Burgonya	40.	2002	Tritikále
16.	1978	Búza	41.	2003	Tritikále
17.	1979	Burgonya	42.	2004	Tritikále
18.	1980	Búza	43.	2005	Tritikále
19.	1981	Csillagfűrt	44.	2006	Tritikále
20.	1982	Búza	45.	2007	Tritikále
21.	1983	Napraforgó	46.	2008	Tritikále
22.	1984	Napraforgó	47.	2009	Tritikále
23.	1985	Gyep	48.	2010	Tritikále
24.	1986	Gyep	49.	2011	Tritikále
25.	1987	Tavaszi árpa	50.	2012	Tritikále

IV. A kísérleti eredmények ismertetése

1. Kezelések hatása a burgonyára és a rozsrá 1963-1972 között

Az előzetes feltevésekkel ellentétben a 40 cm-es szántás nem bizonyult jobbnak, mint a sekélyebb 20 cm-es szántás. A burgonya gumótermése egyik fajtánál sem, egyik évben sem, a műtrágyázás függvényében sem változott érdemben és szignifikánsan a szántási mélység eredményeképpen. A szántás mélysége tehát nem minősült termésbefolyásoló tényezőnek, az adatok és a nagyméretű táblázatok bemutatásától ezért eltekintünk. Láng (1973) ezzel kapcsolatos eredményeit értékelve az alábbiakat jegyzi meg:

"A nyírlugosi talaj genetikai felépítése megfelelő a burgonya termesztéséhez. A finom homokfrakció a 40-45 cm-es rétegben is 70-80 % között van. Nincsen olyan tömött réteg ebben a mélységben, amit a gyökérrendszer nehezen törne át és ami gátolná a gyökerek mélységi irányú elterjedését. A kovárványos csíkok ugyanakkor kedvezően befolyásolják a talajszelvény vízgazdálkodását. Mindez azt eredményezi, hogy a szántás mélységének változtatása közömbös hatású. Ily módon nyilvánvaló, hogy a gazdaságosabb 20 cm-es szántás előnyben részesíthető."

Mint ismeretes, a hosszabb tenyészidejű fajták általában nagyobb termést adnak, mert a termésképzéshez hosszabb idő áll rendelkezésre. A piac ugyanakkor előnyben részesíti a korai fajtákat, értékük a vásárlók szemében 30-50 %-kal magasabb. A késői Aranyalma 3 esetben adott több termést, egy évben a korai Gülbaba termett többet, egy esetben pedig azonos volt a gumótermés a vizsgált 5 év alatt. A fajtakérdés kapcsán Láng (1973) az alábbi megállapításra jutott:

"Nincs szükség különösebb közgazdasági számításra annak eldöntéséhez, hogy a korai fajták termesztését bátran lehet szorgalmazni. Öntözés nélküli termesztés esetén a késői fajták csak kivételes csapadékeloszlású évben realizálják a genetikai potenciális termőképességüket. Ilyen évek azonban elég ritkák. A nyírlugosi kísérletünk eredménye azt mutatja, hogy a Gülbaba (megfelelő minőségű vetőgumóval való ellátás esetén) biztonságos termést ad, jól reagál a műtrágyázásra és a gumótermés szintje mintegy 20 %kal marad csak el a késői Aranyalmától."

A trágyázatlan kontroll parcellák termése megközelítően követte az országos átlagot és a két fajta termésszintje közötti különbség nem volt szignifikáns. Az 5 év átlagában a különbség 0,5 t/ha a késői fajta javára, míg az $SzD_{5\%}$ értéke 0,9 t/ha. A trágyázott kezelések azonban megbízhatóan jelzik a késői fajta előnyét a koraiakhoz szemben. Láng (1973) szerint: "Mindez közvetve azt is bizonyítja, hogy az Aranyalma kerekén 20 %-kal több termése elsősorban annak köszönhető, hogy körülbelül ugyanilyen mértékben hatékonyabban reagál a műtrágya alkalmazására."

Az első 10 év néhány kiemelt kezelésének terméseredményeit a 8. táblázatban mutatjuk be Láng (1973) disszertációja alapján, a két művelési mélység és a fajták átlagában, mert sem a fajta, sem a szántás mélysége nem befolyásolta a trágyahatásokat. A táblázatban bemutatott eredmények szerint a trágyázatlan kontroll parcellák termése megközelítően az akkori országos átlag körül alakult mind a burgonya, mind a rozs esetében. Megállapítható volt, hogy e talajon elsősorban az N-ellátás határozza meg a növénytermesztés sikerét, különösen az első években. Az együttes NPK műtrágyázással mind a burgonya, mind a rozs termése megkétszerezhető. A P-hatás, különösen az idő előrehaladtával, egyre nőtt. Ugyanakkor a K-hatása a rozsnál még nem, csak a burgonyánál jelentkezett mérsékelten. Hasonlóképpen a Mg-trágyázás hatása is.

A kísérlet első 10 évének tapasztalatait összegezve Láng (1973) az alábbiakat emeli ki:

- A műtrágyázás gazdaságos eljárás, melynek segítségével a burgonya és a rozs termése megkétszerezhető még olyan termékenyebb homokon is, amelynek trágyázatlan parcelláin az átlagtermések a megyei átlagokkal egyenlőek.
- A N-ellátás az első számú tényező, a nitrogén műtrágya jelenléte és adagja döntően befolyásolja a termesztés sikerét. A foszfor hatása a nagyobb N-ellátásnál és a későbbi években jelentkezett.
- A kálim és a magnézium előnyös befolyása csak a burgonyánál igazolható, a rozsnál gyakorlatilag hatástalannak mutatkozott mindkét tápelem.

- Mivel a 20 és 40 cm szántásmélység között szignifikáns különbség nem volt, előnyben kell részesíteni a gazdaságosabb sekélyművelést.
- A késői Aranyalma fajta jobban hasznosíthatja a műtrágyákat, azonban a korai fajta burgonya előnyösebb árával kiegyenlíti a terméskülönbségeket.
- A racionális műtrágyázás nemcsak a gazdaságos termesztést alapozhatja meg, hanem a talaj termékenységét, tápanyagtökéjét is növelheti.

8.táblázat:

Műtrágyázás hatása a burgonya és a rozs termésére, t/ha
Nyírlugos, 1963-1972

Kezelés (1)	1963	1965	1967	1969	1971	Átlag (2)	%
	burgonya (Gülbaba és Aranyalma fajták átlagában) (3)						
	a)						
Kontroll (4)	8,5	6,8	8,4	10,7	10,1	8,9	100
N	12,8	15,1	13,3	14,4	14,5	14,0	158
NP	13,5	18,5	15,2	17,2	17,4	16,4	184
NK	13,4	16,7	15,4	17,0	16,4	15,8	178
NPK	13,7	19,3	16,3	19,0	18,4	17,3	195
NPKMg	13,6	19,3	16,9	20,4	19,3	17,9	201
SzD _{5%} (5)	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	0,5	5
Átlag (2)	12,4	14,0	14,5	16,2	16,3	14,7	165
Kezelés (1)	1964	1966	1968	1970	1972	Átlag (2)	%
	rozs (Kisvárdai fajta) (3)						
	b)						
Kontroll (4)	1,61	1,62	1,30	1,31	1,36	1,44	100
N	2,18	2,79	2,68	2,21	2,82	2,54	176
NP	2,19	3,31	2,88	2,34	3,13	2,73	190
NK	2,20	2,90	2,56	2,14	2,82	2,52	175
NPK	2,25	3,03	2,91	2,44	3,10	2,75	191
NPKMg	2,18	3,05	2,89	2,48	3,28	2,78	193
SzD _{5%} (5)	0,18	0,18	0,13	0,15	0,16	0,08	6
Átlag (2)	2,11	2,64	2,29	2,14	2,48	2,33	162

2. Kezelések hatása a burgonyára és a búzára 1973-1980 között

A következő 8 éves időszakban egységesen Desireé burgonyafajtát és Mv-4 őszi búzafajtát vetettünk. A holland intenzív Desireé fajta gumóhozama a trágyázatlan talajon erősen lecsökkent, a korábban ültetett hazai fajtákhoz viszonyítva. Műtrágyázással ugyanakkor nemcsak fenntarthatóknak bizonyultak a korábbi termések, hanem akár az akkori országos átlag 1,5-2,0-szeresére is növelhettük azokat. Különösen hatékonyak mutatkoztak az N, NP és együttes NPK műtrágyázás. A Mg és Ca hatása általában elmaradt, nem volt bizonyítható (9. táblázat).

A rozs helyett vetett búza szemtermését szintén a N, NP és NPK kezelések növelték megbízhatóan. A Ca és Mg hatása itt sem bizonyítható. Kétségtelen azonban, hogy az értékesebb búza is sikerrel termeszthető e talajokon és megfelelő műtrágyázással termése közel megduplázható. A hozamok megközelítették a 70-es évek elejének országos átlagát, termesztése gazdaságosnak volt tekinthető. Megjegyezzük, hogy a későbbi években a Ca és a Mg hatása is kifejezetté vált, elérve az együttes NPK termésmenvelő hatását pl. az 1984. évi napraforgó kaszattermésének növelésében (Kádár-Vass 1988).

Általános tapasztalat a nyírségi homokon, hogy a május-júniusi csapadékmennyiség fontos lehet a kalászosok hozama szempontjából. A június vége-július elejei éréskor aszály és hőmérsékleti maximum a szemtelítődés gátlásán keresztül csökkentheti az ezermagsúlyt és a hozamokat. Korai burgonyánál a Gülbaba, a június-július havi csapadék összege és eloszlása, valamint a július 15-augusztus 15 közötti hőmaximum döntően befolyásolhatja a gumótermés mennyiségét és a gumók nagyság szerinti megoszlását. Késői burgonyafajtánál, mint pl. az Aranyalma, inkább a július-augusztusi csapadékviszonyok és a 08.15-09.15 közötti maximális hőmérséklet jelentheti a kritikus tényezőt.

A 10 éves, 1963-72. közötti időszak alatt a legaszályosabb esztendő 1967-ben volt, míg a legtöbb csapadék 1970-ban hullott. Tíz év átlagos évi csapadékmennyisége 527 mm. Általánosítással azt mondhatjuk, hogy a tíz évből egy év volt erősen aszályos (1967), két év gyengén aszályos (1971, 1972), míg az 1965. és 1970. éveket csapadékbőség jellemezte. Az 1973-80. években is jelentős volt a csapadékingadozás. Szárazabb éveknek tekinthetők az éves csapadékösszegeik alapján az 1973, 1975, 1976, míg az átlagosnál csapadékosabb éveknek az 1974, 1978 és 1980.

Már az első rátekintésre nyilvánvaló, hogy a csapadék évi összege és a hozamok között – esetünkben – semmiféle összefüggés nincs. Mind az úgynevezett „száraz”, valamint a „nedves” évek többségében átlagos a hozam. A legcsapadékosabb nyarú 1980. évben kiugróan alacsony volt a búza termése, amely elsősorban a nedves éghajlattal együtt járó gombabetegségek, elsősorban a szártógombák kártételeinek erős fellépésével magyarázható. A Desireé burgonyafajta hozama kiugróan magas volt 1977-ben és kiugróan alacsony 1979-ben. Az évi csapadékösszeg mindkét évben átlag körülinek mutatkozott, sőt a kritikusnak tekinthető 06.-07.-08. havi csapadék is az átlaghoz közelálló volt. A „rossz” 1979-es burgonyaévben szemmel láthatóan leromlott vírusos, beteg állomány alakult ki. Összefoglalóan megállapítható, hogy a csapadék mennyisége és a termés, illetve trágyahatás között egyszerű és egyenes összefüggést nem találunk. Az extrém száraz és az extrém nedves évek egyaránt terméskiesést okozhatnak. Az összefüggést döntően befolyásolhatja a betegségek fellépése, mely számos egyéb tényező együttes eredőjeként alakulhat ki (elővetemény, éghajlat, járványügyi helyzet, vetőmag minősége stb.).

9.táblázat Mütrágyázás hatása a burgonya és a búza termésére, t/ha
 Nyírlugos, 1973-1980
 Savanyú homokos barna erdőtalaj

Kezelés (1)	1973	1975	1977	1979	Átlag (2)	%
	burgonya (Desireé fajta) (3)					
Kontroll (4)	6,0	5,9	14,4	3,6	7,5	100
N	11,6	12,4	15,6	9,0	12,2	163
NP	15,6	15,5	19,4	10,9	15,4	205
NK	14,8	12,5	22,4	10,8	15,1	201
NPK	21,0	18,2	26,9	12,7	19,7	263
NPKCa	-	-	23,7	13,2	18,4	245
NPKMg	19,1	17,0	28,1	12,6	19,2	256
NPKCaMg	-	-	29,1	12,2	20,6	275
SzD _{5%} (5)	0,9	1,0	2,6	2,4	1,2	8
Átlag (2)	14,8	13,9	22,6	11,1	16,0	213

Kezelés (1)	1974	1976	1978	1980	Átlag (2)	%
	búza (Mv-4 fajta) (3)					
Kontroll (4)	1,66	1,64	1,16	0,29	1,19	100
N	1,74	1,76	2,06	0,74	1,58	134
NP	2,87	2,62	2,44	1,10	2,26	190
NK	1,60	1,64	2,57	0,77	1,65	139
NPK	3,26	2,88	3,43	1,14	2,68	225
NPKCa	-	-	3,49	1,38	2,44	205
NPKMg	3,22	2,83	3,30	1,06	2,60	218
NPKCaMg	-	-	2,86	1,72	2,29	192
SzD _{5%} (5)	0,14	0,12	1,27	0,38	0,24	12
Átlag (2)	2,60	2,21	2,77	1,10	2,09	176

3. Kezelések hatása a napraforgóra 1984-ben

Megfelelő tápelemmel rendelkező vályog vagy annál kötöttebb talajokon a napraforgó általában nem, vagy alig reagál a trágyázásra (Kádár 1986, Dvoracsek 1986). Ugyanakkor Északkelet-Magyarország savanyú homoktalajainak egy részén a napraforgó termesztése bizonytalan, a tápanyagszegény talajokon nyert alacsony hozamok miatt nem gazdaságos (Balogh és Józsa 1986). A savanyú homokon beállított tartamkísérlet 22-23. évében azt vizsgáltuk, hogy a főbb makroelemek hatására a napraforgó növekedése, hozama, ásványi összetétele és olajhozama miképpen alakul, gazdaságossá tehető-e termesztése?

A vetésváltás rozs-burgonya (2x4 év), búza-burgonya (2x4 év), majd búza-csillagfürt-búza (2x3 év) volt a 22 év alatt. A kísérletbe 1983-ban került először napraforgó, azonban a rendkívüli hosszú száraz tavasz miatt az állomány nem kelt ki, így a kísérletet 1984-ben megismételtük *HNK-81* hibriddel. A kezelések száma 32, az ismétlések száma 4, az összes parcellák száma 128 volt. A parcellák mérete $5 \times 10 = 50 \text{ m}^2$, a kísérlet elrendezése véletlen blokk.

A vetés 70x30 sor és tőtávra történt. Növénymintavételre parcellánként 4-6 leveles állapotban (teljes földfeletti rész) virágzás elején (levél) és betakarításkor (kaszat és tányér) került sor. Bonitálással megbecsültük a növényállomány állapotát, mértük a növények magasságát és virágzási %-át, valamint a tányérátmérőt. A betakarítást kézzel végeztük, a parcellák középső 3-3 sorának felhasználásával. Az olajtartalmat a légszáraz és tisztított kaszattermésből határoztuk meg. Az adatainkat varianciánálizissel értékeltük. Jelen közleményünkben az összevont 8 kezelés átlagadatait mutatjuk be, mivel az egyes tápelemadagok hatása között lényeges különbség nem volt.

A N-trágyázás az egész kísérletben 120 kg/ha volt átlagosan a kontroll kivételével. A P_2O_5 kg/ha adagja 60, 120 és 180 volt, hasonlóképpen a K_2O adagja is. Ezeket a kezeléskombinációkat beátlagoltuk, mert megbízható különbség a hozamokban nem volt az adagok függvényében. Ugyanígy jártunk el a 40-80 kg/ha Mg-trágyázás (a vízoldható MgSO_4 és a Dolomit B-por) esetén, valamint a 100, 200, 400 kg/ha Ca-trágyázásnál. Az átlagos trágyahatások már megbízhatóbban tükrözték az egyes elemek hatását.

Az évi 120 kg /ha N-trágyázás önmagában nem növelte a napraforgó hozamát, sőt az egyoldalú N-műtrágyázás a legalacsonyabb hozamokat produkálta a tenyésztési folyamán. Az együttes NP, NPK, NPKCa és NPKCaMg-trágyázás eredményessége egyre inkább megmutatkozott a tenyésztési előrehaladtával. A 4-6 leveles földfeletti növény, valamint a virágzaskori levél légszáraz súlyának és tápelem tartalmának adatait a *10. táblázatban* tüntettük fel. A növényelemzés adatai iránymutatóul szolgálhatnak a napraforgó tápláltsági állapotának kontrolljában. A 4-6 leveleskori állapotban a kielégítő ellátottságot az alábbi átlagos tápelemtartalom jellemezte: N % 3-5; P % 0,25-0,35; K % 4-5; Ca % 1,0-1,3; Mg % 0,4-0,5. A virágzás kezdetén vett kifejtett tányér alatti levelek átlagos optimális összetétele: N % 2,5-3,0; K % 2,5-3,0; Ca % 2-2,5; Mg % 0,5-0,6 körüli értékre tehető (*10. táblázat*).

Az elsavanyodott, tápanyagokkal egyoldalúan ellátott terméketlen talajon a napraforgó rosszabbul kelt, alacsonyabb lett a tőszám és a korlátozott fejlődés különösen a növény magasságában jelentkezett, valamint fokozódott a *Sclerotinia sclerotiorum*-mal fertőzött növények száma. A kiegyensúlyozott tápláltság és meszezés hatására ugyanakkor nőtt a tányérátmérő, a tányérfelület és a kaszatsűrűség, azaz a kaszatok száma cm^2 tányérfelületre számítva. Az 1000 kaszat tömege lényegében nem változott, mert a nagyobb hozamú termékeny parcellákon sok kis méretű, megfelelő olajtartalmú kaszatot találtunk a tányérokon, míg a savanyú és tápanyagszegény talajú parcellákon kevés kaszat mellett sok léha, üres szem is előfordult (*11. táblázat*).

Összességében megállapítható, hogy az évi 120 kg/ha N-trágyázás önmagában nem növelte a hozamot (sőt terméskorcsosodás jelentkezett), az átlagos NP- és NK-trágyázás sem bizonyult eredményesnek. Az együttes NPK-trágyázás hatására a kontroll parcellák termése már közel megduplázódott, míg az évi 200 kg/ha Ca hozzáadása 2,5-szörösére növelte a hozamokat. A 40-80 kg/ha Mg évenkénti adagja igen hatékonyan bizonyult az NPK-trágyázás mellett, a termések megháromszorozódtak. Az öt vizsgált és hiányzó tápelemet együttesen adagolva a kaszattermést és az olajhozamot 3,5-szörösére lehetett emelni.

A kísérleti parcellák talajának reakcióállapotát és tápanyagállapotát a 12. táblázat adatai alapján tanulmányozhatjuk. A kontroll talaj 4,6 pH (KCL) értéke műtrágyázás hatására tovább süllyedt, míg a meszezés ellensúlyozta a talajok elsavanyodását. A meszezés és az együttes magnéziumtrágyázás (dolomit por) a pH értéket 5,5-6,0-ra emelte. A vizsgált humuszszegény talajok humusztartalma megbízhatóan nem változott a meszezés vagy trágyázás hatására. Az ammónium-laktát módszerrel meghatározott könnyen felvehető foszfor és káliumtartalom átlagosan megduplázódott a PK műtrágyázás hatására. Az eredetileg „gyengén” ellátottnak minősült talaj a „megfelelő” ellátottsági kategóriába jutott. Az EDTA-oldható Mn-tartalom az egyoldalúan nitrogénnel trágyázott igen savanyú parcellákon bizonyíthatóan megemelkedett (12. táblázat).

10. táblázat

Műtrágyázás hatása a napraforgó hozamára és tápelemtartalmára
Nyírlugos, 1984

Kezelés jele	g/20 növény*	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
		%						mg/kg		
4-6 leveles napraforgó, földfeletti termés, 1984. 05. 31. (3)										
Kontroll (4)	10	2,94	0,27	4,56	1,24	0,40	1200	321	74	9
N	8	3,16	0,20	3,68	0,74	0,34	1090	542	96	18
NP	13	3,31	0,29	3,64	1,13	0,42	1176	548	76	11
NK	11	2,78	0,23	3,78	0,98	0,36	1348	535	77	10
NPK	12	3,09	0,27	4,83	1,11	0,38	1147	502	73	10
NPKCa	11	2,52	0,26	3,96	1,11	0,33	1174	313	71	11
NPKMg	14	5,22	0,35	5,21	1,31	0,50	1119	363	61	10
NPKCaMg	12	2,95	0,30	4,67	1,21	0,48	1336	306	66	9
SzD _{5%} . (5)	4	0,62	0,08	1,20	0,30	0,15	340	100	18	4
Átag (6)	11	3,25	0,27	4,29	1,10	0,40	1199	429	74	11
Kifejlett levél a virágzás elején, 1984. 07. 17. (7)										
Kontroll (4)	15	2,46	0,28	2,45	2,22	0,53	165	366	32	6
N	12	2,56	0,25	2,18	1,54	0,57	140	382	40	20
NP	21	2,26	0,24	1,98	2,08	0,59	149	439	39	13
NK	19	3,19	0,27	2,92	1,62	0,50	145	421	38	17
NPK	23	2,67	0,27	2,76	2,07	0,50	145	423	39	15
NPKCa	26	2,75	0,27	3,06	2,41	0,44	182	391	36	14
NPKMg	24	2,92	0,32	2,62	2,26	0,62	150	389	43	19
NPKCaMg	26	2,13	0,24	2,26	2,32	0,57	162	362	34	16
SzD _{5%} . (5)	7	0,40	0,07	0,82	0,45	0,16	35	120	8	7
Átag (6)	21	2,62	0,27	2,53	2,07	0,54	155	397	38	16

*Légszáraz tömeg

11. táblázat

Műtrágyázás hatása a napraforgó fejlődésére, terméselemeire és olajhozamára
Homokos barna erdőtalaj, Nyírlugos, 1984

Kezelés jele	Tőszám, db/3 sor (2)	Magasság, cm (3)	Tányér, Ø cm (4)	Kaszat, db/cm ² Tányér (5)	1000 kaszat tömeg, g (6)
Kontroll (7)	68	92	11,1	2,6	65
N	60	60	10,9	2,7	68
NP	69	75	11,2	2,9	70
NK	69	74	11,3	2,3	74
NPK	73	110	13,4	3,8	67
NPKCa	75	141	15,4	5,3	69
NPKMg	80	140	15,0	5,0	68
NPKCaMg	82	157	16,3	5,1	68
SzD _{5%} . (11)	8	35	2,4	1,2	7

Kezelés (1)	Kaszattermés (8)		Olajtartalom (9)		Olajhozam (10)	
	kg/ha	%	%	(%)	kg/ha	%
Kontroll (7)	750	100	44,8	100	336	100
N	640	85	41,9	94	268	80
NP	947	126	42,4	95	402	120
NK	763	102	41,2	92	314	93
NPK	1430	191	43,8	98	626	186
NPKCa	1847	246	44,8	100	827	246
NPKMg	2270	303	45,3	101	1028	306
NPKCaMg	2645	353	45,6	102	1206	359
SzD _{5%} . (11)	540	72	2,2	5	217	65

12.táblázat

A talajok reakcióállapotának és tápanyag-ellátottságának alakulása az egyes kezelésekben, barna erdőtalaj. Nyírlugos, 1983

Kezelés (1)	pH(KCl)	Humusz %	AL- P ₂ O ₅ mg/kg	AL- K ₂ O mg/kg	EDTA-Mn mg/kg
Kontroll (2)	4,6	0,52	66	70	56
N	3,9	0,40	78	100	97
NP	3,9	0,51	140	110	74
NK	3,8	0,50	80	130	71
NPK	3,9	0,51	142	132	64
NPKCa	4,8	0,50	160	150	53
NPKMg	4,6	0,45	140	140	60
NPKCaMg	5,9	0,50	170	132	68
SzD _{5%} . (3)	0,8	0,15	35	32	28

Összefoglalás

Északkelet-Magyarországon, tápanyagszegény savanyú homokos barna erdőtalajon, ahol a pH (KCL) = 4,6; a humusz = 0,5-0,6 %; a felvehető P, K és Mg a talajban nem volt „kielégítő”, egy 22 éves műtrágyázási tartamkísérletben az NPKMg műtrágyázás és meszezés hatását vizsgáltuk a napraforgó termésére és olajhozamára. A 32 kezeléses, 4 ismétléses, azaz összesen 128 parcellás kísérlet eredményeiből 8 kezelés közlésére szorítkoztunk. A kísérletet HNK-81 hibriddel végeztük, 5x10 = 50 m² parcellákkal, véletlen blokkelrendezésben. A vetés 70x30 sor- és tőtávolságra történt.

Eredményeink szerint az ammónium-laktát módszerrel meghatározott felvehető P- és K- tartalom átlagosan megduplázódott a PK-műtrágyázás hatására és e parcellák eredetileg „gyengén” ellátottnak minősült talaja a „megfelelő” ellátottsági kategóriába jutott. Növényelemzési eredményeink szerint a 4-6 leveles korú napraforgó földfeletti szöveteiben a „kielégítő” ellátottságot az alábbi tápelem %-ok jellemezhetik: N = 3-5; P = 0,25-0,35; K = 4-5; Ca = 1-1,3; Mg = 0,4-0,5. A virágzás elején vett felső kifejlett levelekben ugyanezen optimumok, %: N = 2,5-3,0; P = 0,25-0,30; K = 2,5-3; Ca = 2-2,5; Mg = 0,5-0,6.

A meszezett és kiegyensúlyozottan trágyázott termékeny talajon a napraforgó jobban kelt, nőtt a tőszám, a növény magassága, a tányérok átmérője és a tányérfelület, valamint a tányérban a kaszatsűrűség is. A savanyú és tápanyagszegény talajon a kevés és kis tányér mellett sok volt az üres, léha szem, valamint a Sclerotiniával fertőzött növény is.

Az évi 120/kg/ha N-trágyázás önmagában nem növelte a hozamot, sőt a NP- és NK-trágyázás sem bizonyult eredményesnek. Az együttes NPK-trágyázás a kaszatterméseket közel megduplázta, az évi 200 kg/ha Ca hozzáadása 2,5-szörösére, míg az évi átlagosan 60 kg/ha Mg az NPK mellett 3-szorosára növelte a hozamot. Az öt vizsgált, hiányzó tápelemet együttesen adagolva mind a kaszat, mind az olaj hozamokat 3,5-szörösére növelhettük. Gazdaságossá tehető tehát e növény termesztése e talajokon is, amennyiben a talaj tápanyagellátottságát (P, K, Mg) a megfelelő szintre emeljük, biztosítjuk a 6 körüli pH(KCl) érték fenntartását meszezéssel, valamint a megfelelő N-ellátást.

4. Kezelések hatása a dohányra 1988-ban

Mióta Kolombusz 1492-ben megtalálta a dohányt Közép-Amerikában, az egész világon elterjedt. Értékes, belterjes, munkaigényes kultúrává vált, melyet ma mintegy 4 millió ha-on termelnek. Ez a szántó 0,06%-át jelenti. Jelentősége azonban szinte nagyságrenddel nagyobb területi részarányánál termelési értéke miatt. Hazánkban az 1980-as években a szántó 0,2%-át foglalta el évi 10 ezer ha körüli területtel. Jelentősége azóta némileg visszaszorult.

A trópusi származású dohány hőigényére jellemző, hogy jó minőséget ott és azokban az években ad hazánkban is, ahol és amikor a tenyészidő kritikus időszakában (június, július, augusztus hónapokban) a középhőmérséklet a 20 °C-ot meghaladja. A vízigénye is kifejezett és a hőigénnyel együtt jelentkezik virágzásig. Ez a 40-50 cm magasság és a virágzás közötti intenzív megnyúlás szakasza, amikor a növény gyökérrendszerét is fejleszti és a szárazanyag felhalmozódása kifejezett. A virágzást követően a növények jobban elviselik a szárazságot. Az aszályos június és július azonban nemcsak kicsi termést, de rossz minőséget is eredményez. Nő a levelek nikotin és nyersfehérje tartalma, a cukrok mennyisége pedig csökken. Nedvesebb években ezzel szemben a N jobban kimosódik a gyökérszónából, valamint a képződött nagyobb zöld tömegben a N% mérséklődik.

A Virginia fajtákat Magyarországon az 1930-as évek óta termesztik. A száraz levéltermés 1-2 t/ha, ami elmarad a kedvezőbb ökológiai adottsággal rendelkező országoktól. A palántázás májusban történik, a virágzás 60-70 nap múlva augusztus elejéig kiteljesedik és ezzel az aljlevelek technikai érése is bekövetkezik. A virágzat eltávolítása (tetejezés vagy bugázás) idején kerülhet sor az aljlevelek törésére, majd 7-10 naponként, 4-5 menetben a további levélszintek eltávolítására. A betakarítás így szeptember végéig elhúzódik, mert mindig csak az érett leveleket törik le, válogatottan. Az egyéves dohány 6-8 hetet palántaágyban tölt, így a 5 (Gondola 1988). A szerző vizsgálatai szerint (Gondola 1990) 1 t légszáraz levél és a hozzátartozó szár+gyökér fajlagos elemtartalmára 1:1:0,5 tömegarányánál az alábbiak adódhat: 36 kg N, 6-7 kg P₂O₅ (3 kg P) és 57 kg K₂O (48 kg K).

Borsos (1976) szerint a Virginia fajták a 20-30% leiszapolható részt meg nem haladó, 28-37 kötöttségű (K_A), 5-7 pH (KCl) értékkel jellemzett talajokon díszlenek megfelelően. A kifejezetten lúgos vagy erősen savanyú talaj nem alkalmas dohánytermesztésre. Hasonlóképpen a sós, szikes-szódás talajok sem. Meszezést ott javasolnak ahol a hidrolitos aciditás 4 fölé emelkedik. A fent említett homokos és homokos-vályog talajokon vékony levelű finom cigarettá dohány terem.

A dohány igazi hazája a Nyírség, mely az ottani homoki területek legértékesebb szántóföldi növénye. Kézimunka szükséglete nagy, ezért döntően kisüzemi jelleggel termesztik. Szinte az egész évben elfoglaltságot ad. Kora tavasszal kezdődik a palántanevelés, majd ezt követi a kiültetés, a többszöri kapálás, nyáron a tetejezés/kacsozás, az ősze áthúzódo többszöri törés, a levelek szárítása, télen a válogatás, csomózás. Művelése speciális ismereteket igényel, termesztésével nagyüzemekben állandó brigádok foglalkoztak. A dohánytermő terület 2/3-a a Nyírségben található és itt terem a Virginia dohányok zöme. A levél általában 2-3% N-t tartalmaz, füstjének kémhatása savas. A nikotin 1-2% körüli a kívánalmaknak megfelelően, a redukáló cukor pedig kedvezően nagy 12% feletti értékkel.

A dohány termesztése nemcsak megélhetést biztosított a lakosság egy részének az ország egyik legszegényebb vidékén, de kultúrát is teremtett. Történetileg szemlélve hatással volt az egész mezőgazdaság belterjessé tételében. Elővetemény értéke kiváló, hiszen gondos ápolást és trágyázást igényel a talaj kultúr-állapotát és termékenységét növelve. A dohány illetően sokoldalú pozitív hatását a gazdálkodásra már a klasszikus irodalom is kiemeli (Ditz 1867, Cserháti 1900).

Napjainkra tudatosult a minőség fontossága, ismereteink kibővültek a minőséget befolyásoló tényezők tekintetében. Így pl. figyelembe vesszük, hogy a minőséget javító szénhidrátok felhalmozása a virágzás kezdetén válhat intenzívvé, amikor a homokos talaj N-kínálata a növényi felvétel és a kilúgzás nyomán lecsökken. Aszályos nyáron mindez nem következik be, ezért a hazánkban öntözés nélkül a minőség az évszaktok függvényében véletlenszerűen alakul. A dohánytermő talajok PK-kínálata általában kielégítő, sőt a Virginia fajták mérsékelt N-igényét az 1-2% humuszt tartalmazó humuszos-homok, illetve homokos-vályog

talajok trágyázás nélkül is kielégíthetik. Gondola (1989) pozitív összefüggést talált ugyan a N-trágyázás és a termés között, kifejezettebb volt azonban a N-trágyázás és a minőség közötti negatív kapcsolat. A N-trágyázás így hatástalan maradt, mert a legjobb minőséget a 0 kg/ha N-kezelés adta. A dohány íze, aromája kedvező, amennyiben a redukáló cukor/alkaloidák aránya 6-8 között, illetve a N/alkaloidák aránya 1,0 alatt marad.

Dohány termése az érett, ipari feldolgozásra alkalmas levél, melynek minőségét az ásványi táplálás meghatározza. Ismeretes, hogy a laza, jól szellőző, vízáteresztő, enyhén savanyú, humuszban viszonylag szegény és kevésbé termékeny (de tápelemekkel kiegyensúlyozottan ellátott) talajon lágy és aromás jó minőségű dohány terem. A főbb tápelemek termésre és minőségre gyakorolt hatását illetően az alábbiakat hangsúlyozzák: (A száraz dohánylevél optimális elemtartalmát a 13. táblázatban foglaltuk össze különböző szerzők nyomán).

Nyírlugosi tartamkísérletünkben 1988-ban termesztettünk Virginia dohányt. A kritikus hónapokat tekintve júniusban 50, júliusban 66, augusztusban 76, szeptemberben 69, az egész évben a sokéves átlagnak megfelelő 558 mm csapadék hullott. A növényi szövetekben meghatároztuk a főbb makro- és mikroelemek mennyiségeit. A hajtást eredés után egy héttel június 3-án, majd 30-50 cm állományban július 15-én a kiültetést követő 56. napon; az alsó, közép és felső leveleket, valamint a szárat bimbózáskor augusztus 11-én a kiültetést követő 83. napon; végül a betakarításkori kórót október 11-én a kiültetést követő 144. napon elemeztük.

A 14. táblázat adataiból látható, hogy az eredéskori palánta hajtása mindössze 11% sz.a.-ot tartalmaz és N, Ca, Zn, Cu elemekben viszonylag szegény. Az 56 napos hajtás már 17% sz.a.-ot tartalmaz és tömege az eredéskorinak 45-szörösére nőtt, valamint tápelemekben is feldúsult. Gondola (1990) eredményeivel szemben azonban nem következett be a tápelemek drasztikus mérvű visszaesése, hígulása az egyes szövetekben az elöregedéssel. Így pl. a kóró még október elején is zöld maradt 19% sz. a., 3% körüli K és 2% feletti N tartalommal. A bimbózáskori állapothoz viszonyítva a N és K tartalma alig mérséklődött a két hónap alatt. Az augusztus és szeptember hónapok folyamán nemcsak a kóró tömege, de a Ca Mg, P, Fe, Mn, Zn tartalma is érdemben nőtt, az elemfelvétel esetenként pedig többszöröződött.

Az augusztus 11-én vett alsó, középső és felső levelek 20-22% sz.a.-ot tartalmaztak, a kifejlett alsó levelek tömege több mint kétszeresen haladta meg a fiatal felső levelekét. Az alsó levelekben dúsult a K, Ca, Mg, Mn és a Zn. Levéldiagnosztikai szempontból megállapítható pl. Bergmann (1992) 13. táblázatban közölt ellátottsági határkoncentrációt figyelembe véve, hogy a dohány kielégítő ellátottságot jelzett a K, Ca, Mg, P, Zn, Cu elemekben, sőt a N és Mn ellátottság az optimális feletti volt átlagosan. Mindez visszavezethető volt a bőséges, palántázást megelőző 35 t/ha istállótrágyázásra és műtrágyázásra, mely utóbbi átlagosan 120 kg/ha/év N, P₂O₅, K₂O, Ca és 60 kg/ha/év Mg adagokat jelentett. A mérsékelt vízellátottság nyomán ugyanakkor a termés mérsékelt maradt, az ásványi elemek felhalmozódtak a növényi részekben, mely gyenge minőségű levéltermést eredményezett.

A levelek törésére július 26-án, augusztus 22-én és szeptember 10-én került sor. Az összes betakarított légszáraz levéltermés 1,6 t/ha mennyiséget tett ki és hasonlóan 1,6 t/ha volt az október 11-i kórótermés légszáraz tömege. A „B” minőségű/osztályú levelek aránya 68%, a cukor 10%, alkaloida 0,74%, beváltási ár 76 eFt/t, bevétel 121 eFt/ha volt a kísérlet átlagában. A letört levélterméssel és a késő őszön betakarított kóróterméssel felvett elemek mennyiségeit a 15. táblázatban mutatjuk be. Az adatokból látható, hogy a K, N, Ca, Mn nagyobb tömegét a levél, míg a Mg és Fe nagyobb mennyiségét a kóróban találjuk. A P, Zn, Cu közelítően egyenletesen oszlik meg a növényi részekben.

A 3,2 t/ha biomassza 107 kg K (128 kg K₂O), 96 kg N, 41 kg Ca (57 kg CaO), 18 kg Mg (30 kg MgO), 9 kg P (21 kg P₂O₅), mintegy 2,1 kg Fe; 1,4 kg Mn, 128 g Zn és 32 g Cu elemet akkumulált. A dohány tápelemigényes kultúra. Főként N-t és azokat a kationokat igényli, melyben a savanyú homoktalajok különösen szegények: K, Ca, Mg. A fajlagos, 1 t levéltermés a hozzátartozó mellék-terméssel elemtartalma kifejezett. A kielégítőbb, 3 t/ha tervezett levélterméssel + mellékterméssel pl. 180 kg N, 241 kg K₂O, 109 kg CaO, 55 kg MgO és 41 kg P₂O₅ igény léphet fel. A bőséges N-kínálattal együtt gyenge minőségű levéltermés

várható azonban. A szaktanácsadás során a hazai viszonyok között 30 kg fajlagos N-tartalommal számolhatunk. Humuszosabb talajon esetleg N-trágyázás nélkül kaphatjuk a legjobb minőséget, ahogy erre korábban Gondola (1989) rámutatott.

A 16. táblázat áttekintést ad az 1990. évi országos dohányökológiai felmérés fontosabb eredményeiről, mely 129 termőhelyet érintett az országban. Ebben a száraz évben a kritikusabb júniusi+júliusi csapadékösszegek mindössze 99 mm-t jelentettek. A levéltermés 0,6 és 3,6 t/ha; az alkaloida 0,4 és 4,3%; redukáló cukor 2 és 40%; világos „B” minőségű osztály 7 és 94%; beváltási ár 55 és 113 eFt/t, a bevétel 47 és 296 eFt/ha között ingadozott a dohánytermőhelyek között. A minimum és maximum értékek utalnak arra, hogy milyen extrém eltérések fordulhatnak elő egy évben a letört levelek makro- és mikroelem tartalmában és azok egymáshoz viszonyított arányaiban. A makroelem-összetételben általában néhányszoros, míg a mikroelemek terén nagyságrendbeli különbségek is felléphetnek. Így pl. a Fe kereken 11, Mn 64, Na 114, Zn 14, Cu 34-szeres módosulást jelez. Az elemarányok terén extrémítással kitűnik a Ca/Mn aránya. A Ca/Mn-hoz viszonyított túlsúlya 4-szeres, más esetben 741-szeres is lehet a levélben, azaz 185-szörös változás élettanilag előfordulhat e növényben.

Korábban végzett összefüggés-vizsgálataink szerint a levelek nehézfém-tartalma drasztikusan eltért a dohánytermesztő-körzetek szerint. A Duna-Tisza közti semleges vagy meszes termőhelyeken és az ország középső részén a Cd 0,50; a Co 0,02; a Ni 0,33; az Pb 0,38; a Zn 20; a Mn 82 mg/kg sz.a. értéket mutatott átlagosan. A Nyírségben és az ország É-K-i régióiban ahol a talajok átlagos pH (KCl) értéke 4,50 volt, a levélben a Cd 1,89 mg; a Co 0,52 mg; a Ni 5,40 mg; az Pb 1,17 mg; a Zn 58 mg; a Mn 471 mg volt átlagosan kg szárazanyagban. Kívánatos tehát az erősen savanyú dohánytermő talajok meszezése a dohánylevél nehézfém-tartalmának csökkentése, a dohányosok egészségének védelme érdekében.

Összefoglalás

Áttekintettük a dohány termesztésével kapcsolatos általános alapelveket, ismertetve e növény ökológiai igényét. Elemeztük a minőséget befolyásoló fontosabb tényezőket, különös tekintettel az egyes tápelemek szerepére, összefoglalva a nemzetközi és hazai irodalom tanulságait. Bemutattuk a növény tápláltsági állapotának ellenőrzésére szolgáló diagnosztikai optimumokat. Saját kísérletünkben is vizsgáltuk a dohány elemfelvételét a tenyészidő folyamán. Adataink szerint az 1 t légszáraz levéltermés a hozzátartozó mellékterméssel 60-70 kg N és K, 26 kg Ca, 11 kg Mg, 6 kg P elemet vonhat ki a talajból. Eredményeink hasznosíthatók a tervezett termés tápelemigényeinek számításainál a trágyázási szaktanácsadásban. Meg kell említeni, hogy a bőséges N-ellátással azonban gyenge minőségű levéltermés képződik. A tervezett termés N-trágya igénye a Virginia fajtáknál a talaj humusztartalmától, ill. N-kínálatától függően 0-30 kg/t között ingadozhat. A koratavaszi 0-60 cm talajréteg NO₃-N készlete ismeretében a fajlagos N-igény csökkenthető, esetleg a N-trágyázás el is hagyható.

Az 1990. évi országos felmérés tapasztalatai is arra utaltak, hogy hasonló száraz évben a dohánytermése és ásványi összetétele, minősége rendkívüli mértékben ingadozhat termőhelyenként öntözés nélkül. Megállapítottuk, hogy a pH (KCl) 5 alatti termőhelyeken (Nyírség, É-K Magyarország) a nehézfémek extrém módon felhalmozódhatnak a levélben. A meszezés szükségessé válhat humán egészségügyi szempontból is, a dohányosok nehézfémterhelésének csökkentése céljából. Savanyú termőhelyeken a Co 0,52 mg; Cd 1,89 mg; Pb 1,17 mg; Ni 5,40 mg; Zn 58 mg; Mn 471 mg értéket mutatott szárazanyagban. Semleges, ill. meszes körzetekben az alábbi átlagtartalmakat kaptuk: Co 0,02 mg; Pb 0,38 mg; Ni 0,33 mg; Zn 20 mg; Mn 82 mg.

13. táblázat

A száraz dohánylevél optimális elemtartalma különböző szerzők szerint

Elem jele	Mértékegység	Chouteau és* Fauconnier (1988)	Gondola (1990)	Bergmann (1992)	Gething (1990)
K	%	2,5-3,5	2,5-4,8	2,5-4,5	3,0-6,0
N	%	2,0-5,0	2,4-3,8	2,2-2,5	-
Ca	%	1,8-3,6	1,1-2,8	1,3-2,4	-
Mg	%	0,3-1,2	0,3-0,8	0,4-0,8	-
S	%	0,2-0,4	-	-	0,2-0,6
P	%	0,2-0,4	0,2-0,4	0,2-0,4	-
Mn	mg/kg	50-80	-	50-150	-
B	mg/kg	20-40	-	30-80	-
Zn	mg/kg	20-80	-	25-70	-
Cu	mg/kg	15-21	-	8-15	-
Mo	mg/kg	-	-	0,2-0,6	-

* Kifejezett K-hiány 2,0%; N-hiány 1,5%; Mg-hiány 0,2; S-hiány 0,1%; B-hiány 15 mg/kg alatt.

14. táblázat

A Virginia dohánynövény elemösszetétele, szárazanyag %-a és tömege egy műtrágyázási kísérlet átlagában 1988-ban
(Kovárányos barna erdőtalaj savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)
(In: Kádár et al. 1994)

Elem Jele	Mértékegység	Hajtás ¹	Hajtás ²	Levél ³	Levél ⁴	Levél ⁵	Szár	Kóró ⁶
		06. 03-án	07. 15-én	Bimbózáskor 08. 11-én				10. 11-én
K	%	3,92	4,32	3,91	3,67	3,46	3,10	2,98
N	%	2,74	3,24	3,20	3,60	3,94	2,56	2,39
Ca	%	0,58	0,87	1,84	1,42	1,02	0,80	1,14
Mg	%	0,30	0,32	0,43	0,39	0,34	0,27	0,76
P	%	0,30	0,35	0,25	0,27	0,24	0,25	0,33
Fe	mg/kg	521	736	569	517	579	320	724
Mn	mg/kg	888	503	500	461	431	301	405
Zn	mg/kg	34	44	44	42	40	29	38
Cu	mg/kg	4	11	10	10	12	12	10
Sz.a.	%	11	17	20	21	22	18	19
Sz.a.	g/10 növény	13	590	428	319	190	579	650

Eredéskor¹, 30 - 50 cm magasságban², alsó levél³, középső levél⁴, felső levél⁵, kóró aratáskor⁶.

15.táblázat A dohány letört levéltermésével és betakarított kórótermésével felvett tápelemek mennyiségei 1988-ban (Kádár et al. 1994)
(Kovárványos barna erdőtalaj savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Elem jele	Mértékegység	1,6 t/ha összes levéltermésben	1,6 t/ha Kóróban	3,2 t/ha biomasszában	Fajlagos* elemtartalom
K	kg/ha	59	48	107	67
N	kg/ha	58	38	96	60
Ca	kg/ha	23	18	41	26
Mg	kg/ha	6	12	18	11
P	kg/ha	4	5	9	6
Fe	g/ha	912	1158	2070	1294
Mn	g/ha	738	648	1386	866
Zn	g/ha	67	61	128	80
Cu	g/ha	16	16	32	20

* 1 t levél + a hozzátartozó földfeletti melléktermés elemtartalma. Átszámítás: $P \times 2,29 = P_2O_5$, $K \times 1,20 = K_2O$, $Ca \times 1,40 = CaO$, $Mg \times 1,67 = MgO$.

16.táblázat Az 1990. évi országos dohány-ökológiai vizsgálat főbb jellemző adatai (n=129)
(In: Kádár et al. 1994)

N	Mért jellemzők	Minimum	Maximum	Átlag	CV%
1.	Beváltási ár eFt/t	55	113	84	14
2.	Bevétel eFt/ha	47	296	128	37
3.	Világos ,B' osztály %	7	94	66	25
4.	Redukáló cukor %	2	40	11	47
5.	Levéltermés t/ha	0,6	3,6	1,6	37
6.	Összes alkaloida %	0,4	4,3	2,0	51
7.	N%	1,53	4,94	2,82	28
8.	K%	1,22	6,21	2,46	37
9.	Ca%	0,85	5,86	2,97	39
10.	Mg%	0,18	1,69	0,50	52
11.	P%	0,10	0,35	0,21	21
12.	Fe mg/kg	144	1557	582	50
13.	Mn mg/kg	52	3305	608	125
14.	Na mg/kg	12	1363	361	69
15.	Zn mg/kg	12	172	47	64
16.	Cu mg/kg	3	103	15	118
17.	N/Cu arány	159	9880	3098	55
18.	N/Mn arány	12	610	138	83
19.	P/Zn arány	9	179	62	59
20.	Ca/Mn arány	4	741	194	102
21.	K/Mg arány	1	15	6	56
22.	K/Ca arány	0,2	3,8	1,1	73

Megjegyzés: 1-6. sz. jellemzők a Dohánykutató Intézet vizsgálatait
7-22. sz. jellemzők a Debreceni NTÁ vizsgálatait

5. Kezelések hatása a búzára 1989-1990 között

Műtrágyázás és meszezés hatása a búzára 1989-ben

1988. őszén búza került a kísérletbe, az újabb Mv-15 martonvásári fajtát vetettük el. A téli hónapok csapadékszegénységükkel tűntek ki. A szeptember végi vetést követően év végéig (IV. negyedév 10+11+12. havi összegei) lehullott csapadék mindössze 71 mm volt, az 1989. I. negyedévben pedig 52 mm. Ezt követően kedvezően csapadékos periódus köszöntött be a tenyészidő végéig, 87-82-93-105 mm hullott 04-05-06-07. hónapokban. Az 527 mm éves csapadékösszeg alapján az 1989-es esztendő viszont átlagosan csapadékos évnak minősíthető.

Az igen kedvező időjárású, 1989. évben és a korábbi istállótrágyázás hatására jelentős búzaterméseket kaptunk. Az átlagos pelyva termés meghaladta az 1 t/ha, a szalma pedig csaknem elérte a 4 t/ha mennyiséget. A kontroll parcellák termése átlagosan megduplázódott az NPK+CaMg kezelésekből, mely 4-5 t/ha szem, ill. 6-7 t/ha melléktermés tömeget jelentett. Az összes föld feletti betakarított légszáras hozam 11-12 t/ha légszáras anyagot produkált a legjobb parcellákon, melynek átlagosan 41 %-a jutott a szemre, 59 %-a pedig a szalma+pelyva hányadára. (17. táblázat)

17. táblázat Műtrágyázás és meszezés hatása a búza termésére, 1989, (t/ha)

Kezelés	Pelyva	Szalma	Együtt	Szem	Összesen
Kontroll	0,91	2,38	3,29	2,26	5,54
N	1,01	3,11	4,12	3,26	7,38
NP	1,24	3,89	5,13	3,60	8,72
NK	0,92	3,17	4,09	3,20	7,28
NPK	1,23	4,17	5,40	4,00	9,39
NPKCa	0,98	4,09	5,07	2,92	8,00
NPKMg	1,32	5,49	6,81	4,72	11,53
NPKCa10000000	1,30	5,47	6,77	4,87	11,64
SzD5%	0,33	1,21	1,60	1,11	2,37
Átlag	1,11	3,97	5,08	3,60	8,68
Megoszlási %	13	46	59	41	100

Összefoglalva arra a következtetésre juthatunk, hogy amennyiben az időjárás a búza számára kedvező, elégséges mennyiségű csapadék hullik a tenyészidő során és annak eloszlása is megfelelő, az országos átlaghoz közeli búzatermések érhetők el. A kielégítő termés feltétele a talajtermékenység megfelelő állapota, azaz a főbb tápelemekkel való ellátottság biztosítása trágyázással, valamint az elsavanyodás meggátlása meszezéssel. Az intenzívebb búzafajták is sikerrel termesztethetők ezen a sovány nyírségi homoktalajon, ha a termőhely víz és tápanyag szükségletüket fedezni képes.

Műtrágyázás és meszezés hatása a búzára 1990-ben

Az 1990. évben szintén az Mv-15 fajtájú búzát termesztettük a kísérletben. Ez az esztendő kedvezőtlen volt a búza számára. A vetést követően extrém száraz időszak következett, 1989. utolsó negyedévében a 10.+11.+12. hónapok alatt csupán 56 mm eső hullott. 1990. első negyedévében pedig ez a csapadékösszeg mindössze 40 mm mennyiséget tett ki, tehát a téli félév csapadékösszege 100 mm alatt maradt. Aszályos volt a tavasz és a nyár is. A II. negyedévben 135, a III. negyedévben 91 mm csapadék érkezett. A búza tenyészideje alatt összesen (vetéstől aratásig) 250 mm esőt kapott.

A hosszan tartó aszály miatt a növények rosszul fejlődtek, alacsonyok maradtak és alig bokrosodtak. Az állomány heterogénné vált, megnőtt a kísérlet hibája, a trágyahatások kifejlődését az általános vízhiány limitálta. Az átlagos növénymagasság 50 cm volt a kontroll talajon, 63-69 cm a műtrágyázott

kezelésekben és 72-75 cm a meszezésben is részesült parcellákon. A kalászkok száma relatíve ez évben is a trágyázatlan parcellán volt a legnagyobb, de a kalászkák aprók és gyakran léhák maradtak, ill. fejletlen szemekkel rendelkeztek.

Az 1990. évi abszolút terméseket a 18. táblázatban tüntettük fel. A pelyva termése nem éri el a 0,3 t/ha mennyiséget a kísérlet átlagában, a szalma tömege pedig alig haladja meg az 1 t/ha értéket és alatta maradt az előző év pelyva tömegének. A szem és az összes föld feletti termés tömege nem éri el az 1989. évi 1/3-át. Ami a kezeléshatásokat illeti megállapítható, hogy a pelyvában gyengék, a szalma súlyokban közepesek, míg a szemsúlyokban már kifejezettek a trágyahatások. A kontroll 0,5 t/ha szemtermése kereken 1,5 t/ha-ra emelkedik a teljes műtrágyázásban és meszezésben, valamint Mg trágyázásban részesített talajon. A műtrágya a csapadék abszolút hiányát tehát nem pótolhatja, de a kiegyensúlyozott tápanyagellátással az aszálykárok mérsékelhetők. Általános tapasztalat, hogy a megfelelően táplált növények vízhasznosítása javul, a szárazságtűrés pedig előnyösen változik.

18. táblázat Műtrágyázás és meszezés hatása a búza termésére, 1990 (t/ha)

Kezelés	Pelyva	Szalma	Együtt	Szem	Összesen
N	0,28	0,87	1,15	1,07	2,22
NP	0,30	1,07	1,37	1,14	2,51
NK	0,29	1,20	1,49	1,02	2,51
NPK	0,31	1,20	1,51	1,34	2,84
NPKCa	0,25	1,10	1,35	0,97	2,33
NPKMg	0,28	1,04	1,32	1,16	2,48
NPKCaMg	0,35	1,33	1,68	1,48	3,16
SzD5%	0,16	0,50	0,60	0,62	1,18
Átlag	0,28	1,04	1,32	1,08	2,40
Megoszlási %	12	43	55	45	100

A szalma makroelemeinek tartalma a szemnél megfigyeltékhez hasonlóan bizonyíthatóan a P kivételével nem változik a kezelések függvényében. A kedvező 1989. évi szalmatermés átlagos összetételéhez hasonlítva megállapítható, hogy a N, K és Mg koncentrációk közeliek a két évben. Ezzel szemben az átlagos P tartalom felére süllyedt, míg a Ca megháromszorozódott 1990-ben, az aszályos esztendőben. A felvétel mechanizmusa eltér e két elemnél: a Ca esetében a tömegáram, míg a P esetében a diffúzió meghatározó. A vegetatív szalma jól tükrözi a tápanyagfelvétel eltérő körülményeit, melyet a csapadékos és aszályos év nyújtott (19. táblázat)

19. táblázat Műtrágyázás és meszezés hatása a szalma összetételére, 1990 (%)

Kezelés	N	P	K	Ca	Mg
Kontroll	0,75	0,08	1,08	0,26	0,09
N	0,86	0,12	1,53	0,48	0,12
NP	1,05	0,15	1,54	0,53	0,12
NK	0,72	0,11	1,55	0,40	0,11
NPK	0,97	0,14	1,49	0,43	0,13
NPKCa	1,01	0,18	1,77	0,47	0,14
NPKMg	0,78	0,12	1,53	0,29	0,14
NPKCaMg	0,98	0,16	1,48	0,46	0,13
SzD5%	0,40	0,07	0,69	0,37	0,06
Átlag	0,92	0,13	1,51	0,44	0,12

Műtrágyázás és meszezés hatása a búza tápelemfelvételére

Ahhoz, hogy megismerjük e talajon a búza tápelemforgalmát és ezzel tápelemigényét, szükséges az összes föld feletti termésben foglalt elemek mennyiségi ismerete. A tápelemmérések becsléséhez, a trágyázási szaktanácsadás alapjainak kimunkálásához nemkevésbé támaszkodunk a termésben foglalt tápanyagok adataira. A kedvező és kedvezőtlen év összehasonlítása e téren is számos tanulsággal szolgálhat számunkra. Fontos annak ismerete is, hogy mely elemek akkumulálódnak az elszállított főtermésben, és mely elemek kerülnek vissza a talajba a melléktermés leszántásával, a kombájn betakarítást követően.

A termés függvényében 46-105 kg/ha között ingadozott a szem N-készlete. A szalmában 33-68 kg/ha között, míg a teljes föld feletti termésben 83-171 kg/ha N-t mértünk. A felvett N 62 %-át a szemben, 38 %-át pedig a szalmában halmozta fel a búza. A felvett P mennyiségében közel 3-szoros különbségeket találunk az egyes kezelések között, ez mind a szem, mind a szalma P-hozamában megfigyelhető. Az összes felvett P 15-38 kg/ha érték között mozgott, azaz 34-87 kg/ha P₂O₅ mennyiségeket jelentett.

A K és a Ca döntően a szalmában található, mindössze 14-18 esik a szemtermésre. A szem 8-24, míg a szalma 47-108 kg/ha K felvételt jelzett. A teljes K-hozam 55-132 kg/ha K, azaz 66-158 kg/ha K₂O értékkel jellemezhető a kísérletben. A szem Ca forgalma elhanyagolható, nem éri el az 1 kg/ha Ca mennyiséget. Az összes felvett Ca pedig 5-10 kg Ca, azaz 7-13 kg CaO-t tett ki hektáronként. Amennyiben a szalmát leszántják, a talajt a búzatermesztés nem szegényíti el Ca-ban. Meg kell jegyezni, hogy a talaj Ca vesztesége évenként egy nagyságrenddel nagyobb lehet a kilúgzás útján, mint a teljes búzatermés Ca készlete. (20. táblázat)

20. táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a búza tápelemfelvételére, 1989.

Kezelés jele	N kg/ha			P kg/ha **			K kg/ha ***			Ca kg/ha		
	Szem	Szalma*	Együtt	Szem	Szalma	Együtt	Szem	Szalma	Együtt	Szem	Szalma	Együtt
Kontroll	46	37	83	8	7	15	8	47	55	0,9	4,3	5
N	82	48	130	14	11	25	15	56	71	1,0	5,0	6
NP	92	61	153	17	15	32	17	77	94	0,9	8,1	9
NK	63	33	96	13	9	22	13	56	69	0,5	4,0	5
NPK	93	49	142	18	12	30	18	79	97	0,7	6,1	7
NPKCa	69	74	142	14	21	35	15	83	98	1,2	9,1	10
NPKMg	104	68	171	21	17	38	22	101	122	0,8	8,1	9
NPKCaMg	105	61	166	23	15	38	24	108	132	0,8	8,6	9
SzD5%	29	19	43	5	6	9	5	28	31	0,6	2,6	3
Átlag	85	53	138	16	13	29	16	74	90	0,9	6,5	8

*Szalma + pelyva együtt **P₂O₅=Px2,29 ***K₂O = K x 1,20

A felvett Mg mintegy fele volt a szemtermésben, másik fele pedig a szalmában. A szem és a szalma egyaránt 3-7 kg/ha körüli Mg készlettel rendelkezett, így a teljes Mg-forgalom 6-14 kg/ha között alakult a kezelések függvényében. Itt is igaz, amit a Ca esetében megjegyeztünk: a talaj Mg vesztesége jelentősen meghaladhatja a búzatermés elvitt mennyiségét a szokásos kilúgzás folytán. Átlagosan a Mn 77 %-át találtuk a szalmában és az összes Mn felvétel 1-2 kg/ha között mozgott. (21. táblázat)

21. táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a búza tápelemfelvételére, 1989.

Kezelés jele	Mg kg/ha			Mn kg/ha			Zn kg/ha			Cu kg/ha		
	Szem	Szalma	Együtt	Szem	Szalma	Együtt	Szem	Szalma	Együtt	Szem	Szalma	Együtt
Kontroll	3,2	3,3	6,5	0,18	0,62	0,80	125	89	214	14	10	24
N	5,5	4,6	10,1	0,46	1,47	1,93	177	116	293	18	14	32
NP	5,7	5,9	11,6	0,56	1,89	2,45	202	145	347	22	26	48
NK	4,4	3,0	7,4	0,30	1,08	1,39	119	80	199	19	9	28
NPK	5,6	4,0	9,6	0,44	1,51	1,95	193	116	293	17	19	36
NPKCa	5,6	8,6	14,2	0,36	1,20	1,56	167	184	352	16	18	34
NPKMg	6,7	6,0	12,0	0,45	1,90	2,35	243	191	434	26	25	51
NPKCaMg	7,3	6,6	13,9	0,42	1,45	1,87	233	132	365	22	13	35
SzD5%	2,0	2,2	3,5	0,15	0,69	0,76	68	52	104	7	14	17
Átlag	5,6	5,1	10,6	0,44	1,48	1,91	185	129	314	19	18	37

A Zn mintegy 60 %-a a szemben akkumulálódott, döntően a generatív szerv képzéséhez igényelte a növény, a nitrogénhez, foszforhoz és részben a magnéziumhoz hasonlóan. Mennyisége 200-400 g között ingadozott hektáronként. A felvett Cu-nek is valamivel több mint felét a szemben találjuk, de az összes Cu mennyisége a 8,68 t/ha föld feletti légszár az anyagban nem érte el a 40 g-ot. A termésektől függően a Cu-felvétel 24-51 g/ha értékkel volt jellemezhető a 21. táblázat eredményei szerint.

Összehasonlításképpen bemutatjuk az aszályos 1990. évben termelt búza teljes elemforgalmát is. A főbb makroelemek mennyisége 3-4-szeres ingadozást jelzett a kezelések függvényében és az alábbi abszolút számokat mutatta: N 16-58, P 2-8, K 8-28, Ca 4-18, Mg 2-5 kg/ha. A kísérlet átlagában kapott értékek alacsonyak, pl. az összes N-felvétel 1990-ben 39, míg 1989-ben 138 kg/ha mennyiséget tett ki. A kis termésnek kicsi a tápelem, ill. közvetetten a trágyaigénye. (22. táblázat)

Ami a mikroelemeket illeti látható a 23. táblázat adataiból, hogy az aszályos évben a teljes búzatermés mindössze és kerekén 300 g Fe, 400 g Mn, 60 g Zn és 10 g Cu felvételt produkált ha-ra vetítve. A táblázatban feltüntettük az 1989. évi búza Fe felvételét, mely a kísérlet átlagában 1,3 kg/ha az 1990. évi 300 g/ha mennyiséggel szemben. Az 1 t szemtermés és a hozzá tartozó melléktermés fajlagos tápelemtartalma a két évben 36-38 kg N, 5-8 kg P, 21-25 kg K, 2-4 kg Ca és Mg között alakult. Ezek a fajlagos mutatók az N, P és K elemekre lényegesen nagyobb, míg a Ca és Mg elemekre lényegesen alacsonyabb értékeket jeleznek, mint a hazánkban általánosan elfogadottak.

22. táblázat Műtrágyázás és meszezés hatása a búza tápelemfelvételére 1990- ben (Szem + szalma + pelyva együtt), (kg/ha)

Kezelés	N	K	Ca	P	Mg
Kontroll	16	8	4	2,1	1,5
N	35	20	10	5,2	2,8
NP	42	23	13	6,2	3,3
NK	40	25	11	5,7	3,4
NPK	47	26	13	7,0	3,9
NPKCa	39	25	11	6,2	3,0
NPKMg	38	23	8	5,7	3,2
NPKCaMg	58	28	18	7,6	4,6
SzD5%	25	12	11	3,7	2,2
Átlag	39	23	12	5,7	3,2

23. táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a búza tápelemfelvételére 1990-ben
(Szem + szalma + pelyva együtt), (g/ha)

Kezelés	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe*
Kontroll	236	172	27	5	1,44
N	245	351	53	9	1,08
NP	326	523	67	11	1,37
NK	296	456	65	10	0,93
NPK	323	506	66	12	1,18
NPKCa	320	314	63	9	1,94
NPKMg	363	274	50	9	1,52
NPKCaMg	346	326	77	12	1,35
SzD5%	155	266	33	7	0,51
Átlag	299	399	60	10	1,30

* Fe kg/ha 1989-ben

A búzakísérletek tanulságainak összefoglalása

Összefoglalva a búza kísérletek két évének (1989, 1990) tanulságait az alábbi főbb következtetések levonását tartjuk fontosnak:

- Az intenzív búzafajta is sikerrel termeszthető ezen a sovány nyírségi homoktalajon, amennyiben az adott évben a termőhely víz és tápanyag szükségletét fedezni képes.
- A kielégítő termés feltétele a talajtermékenység megfelelő állapota, a főbb makrotápelemekkel való ellátottság biztosítása trágyázással, valamint az elsavanyodás elhárítása rendszeres mésztrágyázással.
- Aszályos évben a búza termése rendkívüli módon lecsökkent, különösen a trágyázatlan parcellákon. Műtrágyákkal a csapadék hiánya nem pótolható, de a megfelelő táplálással az aszálykárok csökkenthetők, az évhatások mérsékelhetők, a növények vízhasznosítása javítható.
- A relatív %-os trágyahatások a száraz évben kifejezettebbek. A kedvező időjárású esztendőben a kontroll parcella termése kerekén 2,3 t/ha, míg a legjobb kezelésben 4,9 t/ha, tehát megduplázódik. Száraz évben viszont a 0,5 t/ha kontroll parcella termését 1,5 t/ha-ra növeli a trágyázás, tehát megháromszorozódik.
- A tartós szárazság negatív hatása egyaránt jelentkezett mind a vegetatív, mind a generatív szervek termés-csökkenésében, a melléktermés/főtermés arányai lényegesen nem módosultak az évhatás függvényében.
- Aszályos esztendőben a búza gyengén fejlődik, rosszul bokrosodik, az állomány heterogénné válik és megnőhet a kísérlet hibája, ill. a termésjellemzők szórása. Az abszolút trágyahatások lecsökkennek, mert kifejlődésüket az általános vízhiány limitálja. A relatív trágyahatások ugyanakkor megnőnek, de statisztikailag kevésbé bizonyíthatók.
- Ami a búza tápelemfelvételét illeti megállapítottuk, hogy a száraz évben megnehezülhet a P és Zn felvétele, valamint többszörösére nőhet a Ca akkumulációja mind a szemben, mind a szalmában. Az egyéb elemek átlagos koncentrációi nem tértek el lényegesen a két évben. A vegetatív részt képviselő szalma összetétele különösen jól tükrözte a tápelemfelvétel eltérő körülményeit, mely a kedvező és az aszályos esztendőben megnyilvánult.

- A felvett N, P, Mg és Zn nagyobb részét a szemben találtuk, míg a K és Ca, valamint az egyéb mikroelemek döntő hányadát a szalma halmozta fel. A felvett táplálóanyagok mennyiségét alapvetően a termések nagysága határozta meg.
- Amennyiben száraz évben drasztikus terméscsökkenés következik be, a növény által fel nem vett tápanyagok a következő évben hasznosulhatnak. Célszerű ezért a szaktanácsadás során a talajban maradt trágyák utóhatását figyelembe venni és így a soron következő növény trágyaigényét csökkenteni.
- A pelyva makroelem összetétele alapján a szalmához állt közelebb, de annál szegényebbnek mutatkozott, főként a kationokban. Mikroelem készlete szinte alig különbözött a szalmától. Az összes tápanyagforgalma alapján a pelyvát elhanyagolhatjuk a gyakorlati számítások során, hiszen súlya 10 % körüli vagy alatti, tehát hibahatáron található. A szalma+pelyva tömegét és elemkészletét együtt célszerű figyelembe venni, a szalma mintegy 10-15 %kal növelt szárazanyag tömege és tápelemfelvétele útján (a pelyva elemzése és mérése nélkül).
- Az 1 t szem és a hozzá tartozó szalma+pelyva termés létrehozásához felhasznált fajlagos tápelemigény ezen a homokon az alábbi értékekkel volt jellemezhető: 36-38 kg N, 5-8 kg P (1118 kg P₂O₅), 21-25 kg K (25-30 kg K₂O), ill. 2-4 kg Ca és Mg. A szokatlanul magas fajlagos N, P és K mutatók tükrözik a trágyázottságot, a talaj kielégítő ellátottságát, valamint a tápelemek mobilitását a homoktalajban.
- A talajtermékenység fenntartása szemszögéből fontos kiemelni, hogy a szalma rendszeres leszántásával a K, Ca, Mg kationok jelentős része visszakerülhet a talajba. A fontos tápelemek megőrzésén túl a talaj így rendszeresen szerves-trágyázásban részesül, mely fizikai tulajdonságait is javíthatja.
- Az 1990-es év "évszázad szárazsága" arra is figyelmeztet, hogy a búzatermesztés kockázata ezen a talajon rendkívül nagy. Agronómiai szempontból célszerű e növényt a jobb vízgazdálkodású és termékenységgel rendelkező talajokon termesztetni a termésbiztonság céljából, amennyiben választási lehetőséggel rendelkezünk.
- A búza meghálálja a talaj felvehető P-tartalmának kielégítő szintre emelését, a mérsékelt N-trágyázást, valamint a talaj pH(KCl) értékének 6 körüli szinten tartását. A szaktanácsunkban általánosan elfogadott és a homoktalajokra finomított talajvizsgáló határértékek iránymutatóul szolgálhatnak a gyakorlati trágyázás során.
- Az egyéves kísérletek az agronómiában nem elfogadhatók, különösen az időjárásra érzékeny homoktalajokon. Csak a többéves vizsgálatok alapján adható megbízható szaktanácsadás a termelőnek, felhasználva a talajvizsgáló és növényelemzési adatokat.

6. Kezelések hatása a tritikáléra 1991-1998 között

A műtrágyázás és a meszezés együttes hatását a triticales fejlődésére az állománybonitálás alapján is tanulmányozhatjuk. A bonitálást 1998. 04. 22-én végeztük szárbaindulás elején. Az 24. táblázat adataiból megállapítható, hogy a leggyengébb állományt valójában nem a 36 éve trágyázatlan kontroll parcellák, hanem az egyoldalú, N-túlsúlyos, elsavanyodott N₃ kezelések mutatták. Hatástalanok voltak az önmagában adott N, P, K, NK növekvő adagok. Stabil pozitív hatásokat az NP, együttes NPK, NPKCa, NPKCaMg kombinációk nyújtották, bár az adagok között érdemi különbség már nem jelentkezett.

A kedvezően csapadékos 1998. évben, a triticalesz monokultúra 8. évében szokatlanul nagy trágyahatások jelentkeztek. Meg kell említeni, hogy a N-depresszió megszűnt aratás idejére, illetve a N-adagok között különbség nem jelentkezett. A kontrollhoz hasonló terméseket produkált az egyoldalú P és K trágyázás, vagyis teljesen hatástalan maradt. A mintakéve feldolgozás adatait a 25. táblázat foglalja össze, melyek alapján megállapíthatók a következők:

- Trágyázás (elsősorban N) nélkül ezen a sovány homokon még a legkedvezőbb időjárási viszonyok között sem kaphatunk gazdaságos termést, hiszen a kontrollon a szemhozam 1 t/ha alatt maradt.
- Bár az egyoldalú N-trágyázás relatíve hatékonynak bizonyult, a kiegyensúlyozott NPK trágyázással sikerült csak 5 t/ha fölé emelni a szemtermést, mivel a termőhely talaja P-ral és K-mal is gyengén ellátott volt.
- A kedvező év termés potenciálját igazán az NPKCa, illetve NPKCaMg kezelés tudta realizálni, mely a talaj erős savanyúságát megszüntette és egyidejűleg a megfelelő tápelem-ellátottságot is biztosította.
- Amennyiben helyreállítjuk a homokos nyírségi talaj optimális reakció- és tápanyagállapotát, valamint a vízellátás is ideális, e talajok termékenysége az országos átlagot meghaladó lehet.
- Ahhoz, hogy 6-8 t/ha szemtermést érjünk el, 700-800 db/m² kalász fejlődése szükséges hazai viszonyaink között. Tápanyagszegény talajon az állomány kiritkul és kevés kalász fejlődik. E termés elem minimuma behatárolja az elérhető termést is.
- A szalma+pelyva melléktermés megtízszereződött a kontrollhoz képest, látványosabban nőtt az együttes trágyázással és meszezéssel, mint a szemtermés. Amennyiben a 10 t/ha körüli szerves anyag kombájn betakarítást követően leszántásra kerül, tovább javíthatja e humuszban szegény talaj szervesanyag-gazdálkodását.

Vessünk egy pillantást a triticalesz monokultúra 8. évére a 26. táblázatban közölt szemtermések adatai alapján. A '90-es években viszonylag két kedvező gabonaévként volt (1991 és 1994), amikor a maximális szemtermés elérte vagy meghaladta a 4 t/ha mennyiséget. Extrém kedvezőtlen és aszályosnak mondható négy esztendő (1990, 1992, 1993, 1996), amikor a műtrágyázott és meszezett kezelésekben sem értünk el 2 t/ha szemhozamokat. A közbülső két év (1995 és 1997) sem minősíthető kielégítőnek 3 t/ha termésmaximumaival. Kiugróan nagy termést adott a monokultúra 8. éve 1998-ban a trágyázott és meszezett talajon, amikor a kontroll 0,9 t/ha szemhozama 7,9 t/ha-ra emelkedett.

A '90-es években gyakoribbá vált az aszály, ezzel a trágyahatások csökkentek, a műtrágyázás egyre kevésbé volt gazdaságos és hatékony. A 4-4 éves átlagokat tekintve azonban elmondható, hogy a meszezés és műtrágyázás együtt a terméseket 2,5-3,0-szorosára növelte. Aszályos esztendőkben viszont a beavatkozásaink hatása gyakran nem is igazolható, a kísérlet hibája (szórása) nagyobb, mint a kezelések közötti különbségek, melyek összemosódnak. Amennyiben időjárásunk szárazabbra fordul, műtrágyaigényünk is mérséklődni fog, hiszen terméskilátásainkat elsősorban a vízhiány korlátozhatja. Kedvező években ezzel szemben a trágyahatások kiugróak lehetnek. Trágyázás és meszezés nélkül ezen terméstöbbleteket nem realizálhatjuk.

Szárbaindulás végén a kontroll növények N-tartalma 1,8 % körül alakult, míg a N kezeléskombinációkban 2,3-2,8 %-ot ért el. Tendenciájában megfigyelhető, hogy a nagy terméseket, illetve zöldtömeget adó műtrágyázott és meszezett talajon a N % mérséklődik, a koncentrációk hígulnak. Az átlagos P % 0,4 alatti értéket mutat a P-ral nem trágyázott kezelésekben és 0,5 fölé emelkedik a P-trágyázott talajon. A K-hiányos parcellák növényeiben a föld feletti hajtás 2,5-2,7 %, míg a K-mal kezelt növényekben 3,2-3,9 % az elemi K-tartalom. A Ca koncentrációja 0,2 % alatti a nem meszezett és szuperfoszfáttal nem trágyázott kezelésekben, míg utóbbi parcellákon 0,3 %-ot is eléri vagy meghaladja. A szuperfoszfát is hatékony Ca-forrás tehát ezen a talajon. Hasonlóképpen jelentős S-forrásul is szolgál. Ismert, hogy a szuperfoszfát 13 % elemi S-t, míg csak 8-9 % elemi P-t tartalmaz. Adatainkat a 27. táblázat foglalja össze.

Az aratáskori szalma + pelyva összetételében ezek a különbségek már kevésbé kifejezettek, elmosódnak. A nagy, illetve növekvő terméshígulással jár és ezzel a tápelem-koncentrációk részben kiegyenlítődnek a növényi szövetekben. A kifejezett különbség a beépült elemkészletben mutatható ki. Így pl. a szalma + pelyva N-készlete a kontroll talajon 8, az N kezelésben 33, NP kezelésben 59, míg a legnagyobb, 11 t/ha melléktermés hozamot adó NPKCaMg kezelésben 70 kg-ot tett ki ha-ra vetítve.

Átlagos összetételét tekintve a szalma + pelyva (a nagy tömege ellenére) gazdag volt N és P elemekben, viszonylag szegényebb K-ban és igen szegény Ca-ban. A Ca pl. 1991-ben 0,2 míg 1992-ben 0,3 % volt átlagosan a Nyírlugoson termett szalmában. Megemlítjük, hogy az átlagos szalmahozam 1991-ben 3,3 míg 1992-ben 1,1 t/ha mennyiséget tett ki (Kádár és Szemes 1994). A Ca %-a tehát fordítva arányos a szalma tömegével.

Ami a további elemeket illeti a 28. táblázatból megállapítható, hogy a szárbaindult hajtás és az aratáskori szalma Mg koncentrációja lecsökken a kontrollhoz viszonyítva a műtrágyázott kezelésekben és csak a Ca+Mg trágyázással nő érdemben. A Mn mennyisége szintén a meszezéssel mérséklődik és közelít a kontroll növényekéhez. Ismert, hogy a Mn felvétele a talaj pH függvénye, a savanyodással mobilitása nőhet. A Sr felvételét a szuperfoszfát segíti részben a PxSr szinergizmus, részben a szuperfoszfátok 1-2 %-ot is elérő Sr szennyezésének következtében (kolafoszfátok). A Ba felvétele illetve koncentrációja az egyoldalú N és NK kezelésekben nőtt meg igazolhatóan. Említésre méltó még a Co, mely elsősorban az elsavanyodott talajon mutat emelkedett koncentrációkat.

A szemtermésben igazolhatóan nőtt a N és S koncentráció a N-trágyázással, a Mg tartalom a Mg és CaMg trágyázással (elsősorban az N és NK kezelésekhez viszonyítva). A K %-a érdemben nem változott a kezelések függvényében. Mikroelemek közül a Mn és a Co tükrözi a talaj pH viszonyait, míg a Zn koncentrációja viszonylag állandó. A Sr maximumát az NP, NPK kezelésekben éri el, míg a Ba a szalmában megfigyeltékhez hasonlóan a N és NK parcellák növényeiben (29. táblázat).

A triticales N-felvételéről a 30. táblázat nyújt áttekintést. Az adatokból látható, hogy a maximális hozamú kezelésekben a földfeletti termésbe épült N mennyisége elérte vagy meghaladta a 200 kg/ha-t. A növények N-ellátásához egyéb források is hozzájárulhattak, hiszen az átlagos N-adag a parcellákon 100 kg/ha volt. Nem elhanyagolható tételt jelenthet a levegőből csapadékkal talajba jutó N, mely a légköri NO_x szennyezésből táplálkozik elsősorban. A korábbi aszályos évek kis termései által nem hasznosított és talajban maradó N szintén ilyen tényező lehet. Bizonyos fokig a talaj képes "feltöltődni" N-nel, humuszanyagai és kolloidjai N-ben dúsulhatnak. Amint Németh (1996) N-utóhatás kísérletei tanúsítják, még homoktalajon is jelentős N-utóhatásokkal számolhatunk.

Összefoglalás

A nyírségi savanyú homokos barna erdőtalajon beállított kisparcellás műtrágyázási és meszezési tartamkísérlet 32-36. éveinek eredményeiről számolhatunk be. A termőhely talajának jellemzői: pH(KCl) 4,5 humusz 0,5 %, CEC 5-10 mgekv./100 g a szántott rétegben. A feltalaj mind az öt makrotápelemben (N, P, K, Ca, Mg) szegény, a talajvíz 2-3 m mélységben helyezkedik el. Műtrágyaként átlagosan 100 kg N, 120 kg P₂O₅ és K₂O, 500 kg CaCO₃ és 210 kg/ha MgCO₃-ot alkalmaztunk évente 28 %-os mészammonitrát, 18 %-os szuperfoszfát, 60 %-os kálisó, 95 %-os mészkeve és 18 %-os dolomitpor formájában. 1997 őszén a PKCaMg trágyaszereket 4 évre előre adtuk ki. Főbb megállapításaink:

- A rendszeres N-műtrágyázás hatására a pH(KCl) 3,5-re süllyedt, míg a Ca+Mg adagolással 5,8-ra emelkedett a feltalajban. A talaj P és K ellátottsága a kielégítő tartományba került a P és K műtrágyázás eredményeképpen.
- A kontroll 0,9 t/ha szemtermése N-nel 2,5, NPK-trágyázással 5,3; NPKCaMg-trágyázással 7,9 t/ha-ra nőtt a rendkívül kedvező csapadékeloszlású 1998. évben. Az aszályos korábbi években viszont a trágyahatások lecsökkentek vagy elmaradtak.
- Ahhoz, hogy 6-8 t/ha szemtermést elérjünk, 600-800 db/m² kalász szükséges. Amennyiben a csapadékelátás ideális és helyreállítjuk a talaj kedvező reakció- és tápanyagállapotát, e sovány homok termékenysége kiemelkedő lehet és kialakulhat a megfelelő növényállomány.
- Aszályos évek után, illetve N-túltrágyázást követően jelentős N-utóhatásokra számíthatunk ezen a talajon is. A 60-80 cm-ben előforduló kovárványcsíkok lassítják a N kilúgzását, illetve lehetővé teszik részben hasznosulását a következő termés által. Az 1998. évi nagyobb termésű parcellákon felvett N mintegy fele a talaj N-készletéből és a csapadékból származhatott, míg a másik felét az adott évben kijuttatott műtrágya-N fedezhette.
- A N beépülése megelőzte a szárazanyag-gyarapodást, szárbaindulás végén a N nagy részét a triticales már felvette. Kismértvű további akkumulációt az NPKCaMg kezelések mutattak, míg a kontroll parcellákon a

N-készlet felére csökkent az elszáradó lombbal. A szárbaindulás vége és érés között érdemi szárazanyaggyarapodás csak a termékeny talajon következett be.

24. táblázat

Mútrágyázás és meszezés hatása a triticales fejlődésére szárbaindulás kezdetén
Nyírlugos, 1998. 04. 22-én
(Bonitálás: 1=igen gyenge, 5= igen fejlett állomány)

Kezelés száma	jele	Bonitálási átlagok	Kezelés száma	jele	Bonitálási átlagok
1.	Kontroll	3,5	17.	Kontroll	3,8
2.	N ₁	3,8	18.	N ₂ K ₁	2,5
3.	N ₂	3,2	19.	N ₂ K ₂	2,0
4.	N ₃	1,8	20.	N ₂ K ₃	2,8
5.	P ₁	3,0	21.	N ₁ P ₁ K ₁	4,0
6.	P ₂	3,2	22.	N ₂ P ₂ K ₂	4,2
7.	P ₃	3,5	23.	N ₃ P ₃ K ₃	3,0
8.	K ₁	3,2	24.	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₁	4,5
9.	K ₂	3,2	25.	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂	4,5
10.	K ₃	3,2	26.	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₄	4,8
11.	N ₁ P ₁	3,8	27.	N ₂ P ₂ K ₂	4,0
12.	N ₂ P ₂	4,5	28.	N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₁	5,0
13.	N ₃ P ₃	2,5	29.	N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	4,8
14.	N ₂ P ₁	4,5	30.	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂	4,0
15.	N ₂ P ₂	4,5	31.	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₁	4,8
16.	N ₂ P ₃	4,5	32.	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	4,8
SzD _{5%}		1,5			

Triticale légszáraz termése a kísérlet 36. évében. Nyírlugos.
A triticale monokultúra 8. éve, 1998

Kezelés jele	Kalász db/m _é	Kalász g/m _é	Szalma+pelyva t/ha	Szem t/ha	Összes t/ha	Hajtás** t/ha
Kontroll	288	129	1,19	0,91	2,1	2,2
N	421	367	3,38	2,52	5,9	4,0
NP	550	554	5,43	3,84	9,3	6,2
NK	510	497	5,43	3,33	8,6	3,5
NPK	689	757	7,70	5,30	13,0	7,2
NPKCa	712	915	9,79	6,52	16,3	7,5
NPKMg	742	855	8,77	6,27	15,0	7,3
NPKCaMg	768	1085	11,27	7,91	19,2	8,0
SzD _{5%}	152	196	1,74	1,55	3,2	1,5

* Összes légszáraz földfeletti termés (szem, szalma, pelyva)

** Hajtás t/ha szárbaindulás végén, 1998. 05. 12-én

26.táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a triticales monokultúra szemtermésére a kísérlet 29-36. éveiben
Nyírlugos, t/ha

Kezelés	1991	1992	1993	1994	Átlag	%
Kontroll	0,8	0,4	1,2	1,6	1,0	100
N	1,6	0,4	1,3	3,3	1,6	160
NP	4,0	0,8	1,5	4,0	2,6	260
NK	2,0	0,4	1,3	3,7	1,8	180
NPK	3,6	0,8	1,7	3,4	2,4	240
NPKCa	3,9	0,8	1,1	4,0	2,4	240
NPKMg	4,5	0,9	1,4	4,0	2,7	270
NPKCaMg	4,9	1,0	1,3	3,5	2,7	270
SzD _{5%}	1,5	0,4	0,3	1,6	0,9	90

Kezelés	1995	1996	1997	1998	Átlag	%
Kontroll	1,7	0,8	1,3	0,9	1,2	100
N	2,3	1,4	2,3	2,5	2,1	175
NP	2,2	1,4	2,8	3,8	2,6	217
NK	2,5	1,6	2,6	3,3	2,5	208
NPK	2,5	1,4	2,4	5,3	2,9	242
NPKCa	3,0	1,6	3,1	6,5	3,6	300
NPKMg	2,6	1,3	3,0	6,3	3,3	275
NPKCaMg	2,4	1,4	2,4	7,9	3,5	292
SzD _{5%}	1,0	0,5	0,5	1,6	0,9	75

27.táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a triticales összetételére a kísérlet 36. évében
Nyírlugos, 1998 (%)

Kezelés	N	P	K	Ca	S
Hajtás szárbainduláskor, 05. 12-én					
Kontroll	1,82	0,37	2,53	0,17	0,18
N	2,68	0,39	2,72	0,22	0,20
NP	2,60	0,54	2,74	0,32	0,38
NK	2,86	0,43	3,80	0,18	0,23
NPK	2,75	0,58	3,90	0,28	0,40
NPKCa	2,43	0,52	3,60	0,35	0,35
NPKMg	2,50	0,52	3,24	0,30	0,27
NPKCaMg	2,28	0,53	3,29	0,30	0,32
SzD _{5%}	0,83	0,09	0,45	0,06	0,07
Szalma + pelyva aratáskor, 07. 27-én					
Kontroll	0,66	0,13	0,52	0,08	0,09
N	0,99	0,14	0,67	0,10	0,11
NP	1,08	0,19	0,60	0,12	0,14
NK	1,16	0,17	0,81	0,09	0,13
NPK	0,89	0,18	0,70	0,08	0,13
NPKCa	0,97	0,18	0,81	0,12	0,14
NPKMg	0,81	0,14	0,61	0,10	0,11
NPKCaMg	0,89	0,16	0,64	0,10	0,12
SzD _{5%}	0,22	0,04	0,23	0,03	0,03

28. táblázat

Műtrágyázás és meszezés hatása a triticales összetételére a kísérlet 36. évében
Nyírlugos, 1998. mg/kg légszáraz anyag

Kezelés	Mg	Mn	Sr	Ba	Co
Hajtás szárbainduláskor, 05. 12-én					
Kontroll	1025	186	23	16	0,18
N	774	338	33	22	0,46
NP	850	358	57	16	0,44
NK	595	303	29	29	0,42
NPK	672	294	55	14	0,36
NPKCa	850	278	56	16	0,25
NPKMg	1100	214	49	13	0,21
NPKCaMg	1046	243	46	15	0,23
SzD _{5%}	197	81	17	6	0,15
Szalma + pelyva aratáskor, 07. 27-én					
Kontroll	632	164	18	19	0,08
N	399	337	22	25	0,31
NP	444	322	38	15	0,30
NK	339	283	19	24	0,24
NPK	295	240	31	15	0,20
NPKCa	384	240	31	15	0,15
NPKMg	459	172	28	14	0,14
NPKCaMg	558	178	27	14	0,14
SzD _{5%}	122	91	9	7	0,10

29.táblázat Műtrágyázás és meszezés hatása a triticales szem összetételére a kísérlet 36. évében
Nyírlugos, 1998. légszáraz anyagban

Kezelés	N	P	K	Mg	S
	%				
Kontroll	1,45	0,41	0,43	0,12	0,13
N	2,21	0,43	0,51	0,10	0,17
NP	2,30	0,47	0,52	0,11	0,19
NK	2,18	0,44	0,56	0,09	0,17
NPK	1,99	0,45	0,50	0,10	0,17
NPKCa	2,36	0,47	0,50	0,11	0,19
NPKMg	1,81	0,44	0,47	0,12	0,16
NPKCaMg	1,98	0,45	0,46	0,13	0,16
SzD _{5%}	0,18	0,04	0,06	0,02	0,02

Kezelés	Mn	Zn	Sr	Ba	Co
	mg/kg				
Kontroll	63	39	3,2	0,7	0,05
N	118	40	5,0	3,5	0,26
NP	120	45	8,7	3,1	0,24
NK	120	40	5,2	5,9	0,18
NPK	114	39	8,9	2,2	0,17
NPKCa	103	42	7,0	2,5	0,08
NPKMg	73	36	5,2	1,4	0,10
NPKCaMg	68	37	5,1	1,0	0,11
SzD _{5%}	24	7	2,4	2,4	0,11

30.táblázat Műtrágyázás és meszezés hatása a triticales N felvételére, N kg/ha
Savanyú kovárványos barna erdőtalaj, Nyírlugos, 1998

Kezelés	Szalma+pelyva	Szemtermés	Összes földfeletti termés	Hajtás*
Kontroll	8	13	21	41
N	33	56	89	107
NP	59	88	147	162
NK	39	73	112	101
NPK	47	105	152	197
NPKCa	63	154	217	181
NPKMg	51	113	164	183
NPKCaMg	70	157	227	183
SzD _{5%}	19	27	48	44

* Hajtás szárbaindulás végén 05. 12-én

7. Kezelések hatása a tritikáléra 1999-2006 között

A 31. táblázatban közöljük az 1999-2006. közötti csapadék adatait havi, negyedéves, éves és a tenyészidő alatti összegek, valamint az 50-éves átlagok feltüntetésével. A sokéves átlagokhoz viszonyítva viszonylag csapadékosnak minősíthető a tenyészidő alatti összegek alapján az 1999., 2004., 2005. és 2006. év száraznak vagy aszályosnak a 2002. és 2003. év. A tenyészidő alatti csapadékösszeg a vizsgált 8 év alatt 255 és 560, míg az éves csapadékösszeg 388 és 781 mm között ingadozott. A tritikále monokultúra szem és szalma légszáraz terméseredményeit a 32. táblázatban tekinthetjük át.

Úgy tűnik, hogy a tenyészidő alatti csapadékösszegek és a tritikále termése vagy a trágyahatások (terméstöbbletek) között nincs egyenes összefüggés. A csapadékbő 1999. évben alaposnak mondható, 2004-ben átlagfeletti, míg 2005-ben és 2006-ban a 8 év legkisebb szemterméseit kaptuk. A szalma termése azonban 2005. évben elérte a 8-9 t/ha-t, ezzel a 8 évben mért maximumot. A szalma/szem aránya 10 körülire tágult, a vegetatív növényi rész fejlődéséhez ideális, a generatív szemtermés képződéséhez viszont ebben az évben igen rossz körülmények alakultak ki. Normál években a szalma/szem aránya 1-1,5 körüli, sőt 2000-ben 0,8 körüli volt (32. táblázat).

Nemcsak a szalma/szem arányt tekintve alakultak ki nagy eltérések. A minimális szemtermés a kontroll parcellán 0,3 t/ha, míg a maximális 1,8 t/ha volt. A szalma 0,7 t/ha és 2,5 t/ha között ingadozott ugyanitt. Megfigyelhető az utóbbi 5 év során, hogy az egyoldalú N₃ kezelésben rendre igazolhatóan csökkent a szemtermés. A tritikále gyakorlatilag kipusztult az erősen elsavanyodott talajon 2005. és 2006. években, amikor csapadékbőség uralkodott. A maximális szemterméseket a teljes NPKCaMg kezelés produkálta 2004-ben, amikor a hozama 6 t/ha fölé emelkedett, a teljes földfeletti biomassza aratáskor pedig 13,4 t/ha tömeget ért el. Ugyanebben a kezelésben 2006-ban a szem + szalma tömege mindössze 4,4 t/ha mennyiséget tett ki. Összességében és átlagosan a 8 vizsgált évet tekintve a kontroll termését az együttes műtrágyázás + meszezés megháromszorozta. Amennyiben az N₃ kezelések terméseit is figyelembe vesszük, a kezelések helyenként 5-szörös különbségeket okoztak az aratáskori hozamokban (32. táblázat).

A 2006-ban aratás idején végzett növényanalízis eredményei szerint az egyoldalúan N-túlsúlyos, erősen elsavanyodott talajon nőtt a szalma N, K, P, Mn tartalma, míg a Ca és Sr mennyisége lecsökkent. Az NP kezelések tendenciájában a Ca, P, Sr elemek felvételét, míg az NK kezelések a K felvételét serkentették. A meszezett talajon visszaesett a N, K, P, S, Mn elemek beépülése, ill. ezzel egyidejűleg látványosan emelkedett a Ca és Mg készlete. A szalmánál megfigyelt elemtartalom módosulásokat lényegében a szemtermés is tükrözi (33. táblázat).

Megemlítjük, hogy 1998-ban, amikor kiugróan nagy szem és szalma terméseket mértünk, a szalma átlagosan 0,8%N; 0,15% P; 0,70% K; 0,10% Ca; 0,12% S; valamint 400 Mg, 250 Mn és 25 mg/kg Sr készlettel rendelkezett (Kádár et al. 1999). Összevetve ezeket az adatokat a csapadékbő kistermésű 2006. év eredményeivel arra a következtetésre juthatunk, hogy a töményedési effektus nyomán a Ca 3-szoros, P 2-szeres, K és Mg 1,9-szeres, N kereken 1,4-szeres mennyiségben halmozódott föl a kicsi termés szövetében a nagy termésű évhez képest. A Mn és a Sr tartalmak átlagai viszont érdemi különbségeket nem jeleztek. A szemtermés összetétele állandóbb, genetikailag védettebb, hasonló eltérések az évek között az említett ásványi elemek tekintetében nem azonosíthatók.

A 34. táblázatban bemutatott eredmények szerint az extrém módon elsavanyodott N-túlsúlyos kezelésben a kontrollhoz viszonyítva nőtt a Zn, Cu, Co tartalma a szalmában míg a meszezett parcellákon szignifikánsan lezuhant a Ba, Zn, Cu, Co, Pb, Ni elemek mennyisége. A Mo talajbani felvehetősége viszont a meszezett talajon átlagosan mintegy megnégyszereződött. A szalmánál megfigyelt változások az elemtartalomban többé-kevésbé a szemtermésben is nyomon követhetők. Különösen a Mo/Co aránya jelez drasztikus eltéréseket a pH függvényében: az erősen elsavanyodott N₃ kezelésben 1 alatt marad, a kontroll talajon 40-re, míg az NPKMg kezelésben 84-re emelkedik. A Mo mobilitása, felvehetősége közismerten a meszes talajon kifejezett, míg a Co felvétele a savanyú tartományban. A pH-függő mikroelemek beépülése, azok egymáshoz viszonyított aránya tehát jelentősen változhat a kezelések nyomán.

Összefoglalás

- A trágyahatások időfüggők. A kísérlet első 10 évében (1963-1972) érdemi trágyahatásokat, ill. terméstoppleteket csak a N-trágyázás okozott. A második évtizedben (1973-1982) a N-hatások fokozatosan lecsökkentek a trágyázatlan kontroll szintjére. Trágyahatásokat kalászosoknál az együttes NP, kapásnövényeknél az NPK kezelések mutattak. A harmadik évtizedben (1983-1992) a napraforgó és a dohány már meghálálta az NPKCaMg elemek pótlását. A negyedik évtizedben (1993-2002) a tritikále monokultúra termésmaximumai is az NPKCaMg kezeléshez kötődtek. Az utóbbi években (2003-2006. között) az egyoldalúan 100-150 kg/ha/év N-adaggal kezelt talajokon a tritikále gyakorlatilag kipusztult, a talaj extrém módon elsavanyodott és tápelemekben elszegényedett. A talajtermékenység megőrizhető, ha biztosítjuk a feltalajban a 120-150 mg/kg AL-P₂O₅ és AL-K₂O tartalmat, ill. 1 t/ha/év körüli dolomitport alkalmazva fenntartjuk az 5,5-6,0 pH(KCl) értéket és a megfelelő N-trágyázásról is gondoskodunk.
- A tritikále szalma és szem termésében nőtt a N, K, P, Mn, Zn, Co elemek mennyisége a kicsi termést adó és erősen savanyú N₃ kezelésben, míg a Ca, Sr, Mo koncentrációi lecsökkentek. A meszezés ezzel ellentétes hatást gyakorolt általában. Különösen a Mo felvehetősége nőtt meg, ill. a Co felvehetősége csökkent a szemben egy-egy nagyságrenddel a pH függvényében.

31. táblázat

Csapadék megoszlása: havi, negyedéves, éves és a tenyészidő alatti összegek 1999-2006. években, valamint az 50 éves átlagok, mm (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Év és (1) időszak	Kísérleti évek (2)								50 éves átlagok (3)
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
Január	28	13	50	13	38	33	33	36	29
Február	88	21	21	41	49	52	57	32	30
Március	28	34	116	31	0	67	15	108	32
Összes (4)	144	68	187	85	87	152	105	176	91
Április	71	62	42	22	25	40	84	84	44
Május	61	25	25	56	25	30	69	105	61
Június	101	20	64	45	14	70	53	60	70
Összes (4)	233	107	131	123	64	140	206	249	175
Július	47	67	134	6	77	120	95	23	64
Augusztus	79	8	17	102	2	72	100	141	68
Szeptember	36	56	67	62	56	42	34	6	46
Összes (4)	162	131	218	170	135	234	229	170	178
Október	27	1	7	28	121	35	0	32	51
November	101	21	41	53	39	75	50	19	50
December	114	60	8	23	29	46	85	6	38
Összes (4)	242	82	56	104	189	156	135	57	139
Éves összeg (5)	781	388	592	482	477	682	675	652	583
Tenyészidő*(6)	526	417	400	264	255	481	467	560	405

* Az október – június hónapok alatt lehullott csapadékösszeg.

32. táblázat

Műtrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a tritikále monokultúra termésére a monokultúra 9-16., illetve a kísérlet 37-44. évében, t/ha légszáranyagban
(Kovárványos barna erdőtalaj savanyú homok, Nyírlugos)

Kezelés (1) jele	1999-ben		2000-ben		2001-ben		2002-ben	
	Szem (2)	Szalma (3)	Szem (2)	Szalma (3)	Szem (2)	Szalma (3)	Szem (2)	Szalma (3)
Kontroll (4)	1,4	1,5	1,8	1,7	1,4	1,1	1,5	2,5
N ₁	2,4	2,3	1,8	1,8	2,4	2,4	2,0	3,9
N ₂	2,0	2,7	1,6	1,8	2,3	2,3	3,4	4,8
N ₃	1,9	2,5	2,0	2,1	1,0	1,3	1,2	2,2
N ₂ P ₁	1,9	2,7	2,4	2,7	2,2	2,3	3,9	5,7
N ₂ P ₂	3,6	4,1	3,9	4,1	2,4	2,3	3,6	4,8
N ₂ P ₃	2,9	3,4	3,6	3,5	2,9	3,3	3,9	4,7
N ₂ K ₁	2,5	2,7	2,5	2,6	2,3	2,4	3,3	5,2
N ₂ K ₂	2,3	3,3	2,1	2,9	1,8	1,9	2,3	4,3
N ₂ K ₃	2,9	4,3	3,7	3,8	2,8	3,0	2,7	4,0
N ₂ P ₂ K ₂	3,1	4,8	3,8	3,8	4,0	4,5	4,8	6,9
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	4,2	5,1	4,9	5,0	5,7	6,0	3,7	7,2
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	3,9	5,0	4,4	4,2	5,3	4,8	4,4	7,3
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	3,8	4,7	4,8	4,3	5,4	4,7	5,0	7,9
SzD _{5%} (5)	1,2	1,3	1,7	1,4	1,2	1,3	1,5	2,0
Átlag (6)	2,8	3,5	3,1	3,2	3,0	3,0	3,3	5,1

Kezelés (1) jele	2003-ban		2004-ben		2005-ben		2006-ban	
	Szem (2)	Szalma (3)	Szem (2)	Szalma (3)	Szem (2)	Szalma (3)	Szem (2)	Szalma (3)
Kontroll (4)	1,2	1,8	1,8	1,8	0,3	2,3	0,6	0,7
N ₁	1,2	1,8	3,6	3,9	0,3	2,7	0,4	0,6
N ₂	1,1	1,6	3,0	3,5	0,4	2,9	0,3	0,3
N ₃	0,6	1,0	1,1	1,5	0,1	1,2	0,1	0,2
N ₂ P ₁	1,1	1,7	4,0	4,7	0,5	4,3	0,3	0,4
N ₂ P ₂	1,8	2,5	4,6	5,3	0,4	3,2	0,3	0,2
N ₂ P ₃	1,7	2,1	5,0	5,3	0,3	3,2	0,3	0,4
N ₂ K ₁	1,1	1,5	2,2	3,0	0,2	2,1	0,2	0,2
N ₂ K ₂	1,7	2,9	3,2	4,1	0,3	3,0	0,3	0,4
N ₂ K ₃	1,0	1,6	2,3	2,6	0,3	3,0	0,4	0,3
N ₂ P ₂ K ₂	1,7	2,4	4,2	4,5	0,5	4,8	0,4	0,6
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	1,8	2,7	5,6	5,8	0,9	9,1	2,1	1,8
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	2,2	2,7	5,7	6,1	0,8	7,0	1,3	2,1
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	2,1	3,3	6,7	6,7	0,9	8,1	1,9	2,5
SzD _{5%} (5)	0,6	0,8	1,5	1,4	0,2	1,8	0,7	0,6
Átlag (6)	1,5	2,1	3,8	4,2	0,4	4,1	0,6	0,8

33. táblázat

Műtrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a légszáraz tritikále elemtartalmára
aratáskor 2006-ban
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelések jele	K	N	Ca	P	S	Mg	Mn	Sr
	%					mg/kg		
	szalma							
Kontroll	1,16	0,7	0,29	0,21	0,10	878	187	29
N ₁	1,36	1,1	0,31	0,26	0,11	846	359	32
N ₂	1,28	1,3	0,21	0,32	0,08	613	346	23
N ₃	1,43	1,5	0,19	0,35	0,10	866	350	14
N ₂ P ₁	1,32	1,3	0,30	0,34	0,09	730	358	29
N ₂ P ₂	1,26	1,2	0,33	0,34	0,09	748	301	36
N ₂ P ₃	1,21	1,3	0,38	0,36	0,09	582	305	39
N ₂ K ₁	1,52	1,4	0,22	0,33	0,10	720	403	22
N ₂ K ₂	1,60	1,3	0,27	0,29	0,12	605	294	18
N ₂ K ₃	1,71	1,2	0,20	0,31	0,09	477	357	18
N ₂ P ₂ K ₂	1,58	1,1	0,28	0,32	0,09	434	314	36
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	1,17	0,9	0,55	0,28	0,08	603	153	33
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	0,91	0,6	0,37	0,24	0,05	1392	67	24
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	0,99	0,6	0,46	0,24	0,05	992	27	21
SzD _{5%}	0,22	0,3	0,11	0,07	0,03	286	87	12
Átlag	1,32	1,1	0,31	0,30	0,09	749	273	27
	Szem							
Kontroll	0,58	1,6	0,04	0,40	0,14	1007	55	3,7
N ₁	0,72	2,0	0,04	0,43	0,13	826	78	3,8
N ₂	0,76	2,4	0,03	0,45	0,11	764	92	2,9
N ₃	0,75	2,6	0,03	0,44	0,12	799	83	1,5
N ₂ P ₁	0,73	2,4	0,04	0,45	0,11	669	85	2,8
N ₂ P ₂	0,77	2,3	0,04	0,45	0,12	722	88	3,7
N ₂ P ₃	0,74	2,4	0,04	0,45	0,12	787	84	4,1
N ₂ K ₁	0,76	2,4	0,03	0,46	0,12	817	96	2,4
N ₂ K ₂	0,74	2,3	0,03	0,42	0,12	765	85	1,9
N ₂ K ₃	0,68	2,2	0,03	0,43	0,11	785	93	2,2
N ₂ P ₂ K ₂	0,70	2,1	0,04	0,41	0,11	684	85	4,0
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	0,61	1,9	0,05	0,42	0,12	938	41	2,9
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	0,58	1,7	0,04	0,40	0,10	1245	27	2,2
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	0,59	1,6	0,04	0,42	0,10	1127	18	2,1
SzD _{5%}	0,11	0,3	0,01	0,04	0,03	219	16	1,2
Átlag	0,69	2,1	0,04	0,43	0,12	852	72	2,9

34. táblázat

Műtrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a légszáraz tritikále elemtartalmára
aratáskor 2006-ban
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelések jele	Ba	Zn	B	Cu	Pb	Ni	Mo	Co
	mg/kg						µg/kg	
	szalma							
Kontroll	23	22	6,4	4,6	1,8	0,9	354	96
N ₁	28	27	8,7	6,5	1,7	1,2	212	197
N ₂	27	27	7,0	6,2	1,4	1,1	172	190
N ₃	23	28	6,5	7,1	2,1	0,9	210	290
N ₂ P ₁	27	27	7,5	6,0	1,5	1,3	214	206
N ₂ P ₂	21	20	6,9	6,0	1,4	1,0	175	225
N ₂ P ₃	23	24	7,0	6,3	1,0	1,3	204	183
N ₂ K ₁	29	28	8,9	7,6	1,6	1,6	183	295
N ₂ K ₂	26	26	8,5	6,8	1,7	1,6	199	160
N ₂ K ₃	26	25	7,5	7,9	1,0	1,5	166	275
N ₂ P ₂ K ₂	24	20	6,6	5,7	1,0	0,6	166	144
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	21	15	6,6	4,2	0,7	0,5	832	112
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	10	11	3,7	3,5	0,3	0,4	706	90
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃ Mg ₂	14	10	3,8	2,5	0,4	0,4	992	63
SzD _{5%}	9	10	2,6	1,9	0,5	0,5	244	93
Átlag	23	22	6,9	5,8	1,3	1,0	342	180
	Szem							
Kontroll	1,9	40	0,4	5,0	-	0,7	398	10
N ₁	2,6	44	0,6	5,8	-	0,5	140	82
N ₂	2,7	49	0,6	5,2	-	0,5	122	147
N ₃	1,5	50	0,4	4,8	-	0,5	116	179
N ₂ P ₁	2,2	49	0,8	4,8	-	0,3	238	162
N ₂ P ₂	1,9	42	0,6	4,5	-	0,5	127	174
N ₂ P ₃	1,7	45	0,8	4,6	-	0,6	170	144
N ₂ K ₁	2,5	52	0,9	5,7	-	0,5	129	207
N ₂ K ₂	2,2	51	0,8	5,2	-	0,4	207	147
N ₂ K ₃	2,5	50	0,8	5,5	-	0,5	198	164
P ₂ K ₂	2,0	39	0,5	4,3	-	0,4	129	140
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	0,9	33	0,7	4,5	-	0,1	800	29
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	0,2	31	0,6	4,8	-	0,2	842	10
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃ Mg ₂	0,2	27	0,6	3,6	-	0,1	1157	10
SzD _{5%}	0,8	9	0,4	1,0	-	0,3	308	54
Átlag	1,8	43	0,7	4,9	-	0,4	341	115

8. Kezelések hatása a szántott réteg talajkémiai jellemzőire 2006-ban

A meszezés évezredes gyakorlat a mezőgazdaságban. Már az ókori görögök és rómaiak alkalmazták a márgát anélkül, hogy bővebb ismereteik lettek volna a talaj savanyúságáról. Plinius (i.sz. 23-79) említi: „Egy másik módszer szerint, amelyet Britanniában és Galliában találtak fel, a földet földdel táplálják. Azzal amit márgának hívnak. Úgy magyarázzák, hogy miként az élő test ereje mirigyeiben, úgy tömörül a márgában a talaj termőereje. Ez a görögök figyelmét sem kerülte el. Van egyáltalán valami, amit Ők ki ne próbáltak volna? ... Régebben csak kétféle márgát ismertek, de újabban a tudomány előrehaladtával már többfélét ismerünk: van fehér, vörös, galamszürke, agyagos, tőzeges és homokos márga... Mindenféle márgát a már felszántott talaj felületére kell kiszórni, hogy gyógyszerként minél előbb kifejtsse hatását. Ezenkívül a föld egy kevés trágyát is elvár.”

A meszezéssel kapcsolatos ismereteket talán elsőként Thaer (1809) foglalja össze tudományos igényességgel. Megállapítja, hogy a nagy adagban alkalmazott meszezés fizikai hatása nyomán a kötött talajt lazítja, így művelhetőbbé és vízáteresztőbbé válik. A homokok fizikai tulajdonságai szintén javulnak, nő a vízmegtartó képességük, szerkezetességük. Véleménye szerint a meszezés kémiai/trágya/hatása is kétirányú. Egyrészt gyorsul a mineralizáció, a talaj tápanyagai felvehetővé válnak, másrészt a Ca és a CO₂ közvetlenül is tápanyagforrássá szolgál a növény számára. Az égetett mész különösen erősen bontja a humuszt és a talaj ásványi részeit. Jelentős mészhatás a humuszban gazdag savanyú talajokon.

A gyakori meszezés ereje azonban trágyázás (istállótrágyázás) nélkül csökken és a talaj gyorsan kimerülhet. Angliában a gazdák felismerték, hogy a meszezést össze kell kapcsolni az istállótrágya-zással, pillangósok termesztésével, új vetésciklusokkal, a belterjesebb gazdálkodással. Szállóigévé vált: „lime and lime without manure will make both soil and farmer poor.” Hasonlóképpen az 1800-as évek végén, ill. az 1900-as évek elején a hazai klasszikusok (Cserhádi, Kosutány, Gyárfás, Rázsó, 'Sigmund) is hangsúlyozták, hogy ez a beavatkozás bizonyos termőhelyeken a talaj kimerülését okozhatja és:..., az apák nagyobb termésait a fiak és unokák sínylik meg, ha egyidejűleg megfelelő trágyázásról nem gondoskodnak.”

A két világháború között és azt követően szélesebb körben ismertté váltak a hazai szakemberek előtt azok az alapvető munkák, melyek a talajsavanyúság és a meszezés mélyebb megértését segítették elő. Gedroic (1955) már 1922-ben kidolgozta tanát a talaj adszorpciós komplexumáról és adatokat közölt a növények só- és savtűréséről. Kappen (1929) módszereket ismertet az aciditás-viszonyok jellemzésére. s) kiterjedt kísérleti anyagra támaszkodva feltárja a közeg kémhatása és a tápelemellátottsága közötti összefüggéseket. Bizonyítja, hogy a savanyú reakció önmagában nem ártalmas a növényre. A növények jól fejlődnek erősen savanyú tápoldatban is, amennyiben a közeg tápanyagokban jól ellátott. Különösen a Ca és a P gyengíti, vagy ellensúlyozhatja a savanyodás kedvezőtlen hatását kicsi pH mellett is. Átfogó tenyészedénykísérletek eredményeire támaszkodva igazoltuk e megállapítások helyességét hazai talajon is (Kádár et al. 1987-1988, Kádár és Pusztai 1997).

Itthon is elfogadottá válik, hogy a talaj savanyúságának ismerete (pH) önmagában nem elégséges a meszezés szükségességének elbírálásához. Előtérbe kerül a talajsavanyúság és a meszezés kolloidikai, ioncserén alapuló jelenségekkel való magyarázata. A mészigény becsléséhez az aciditás-viszonyokon túlmenően az adszorpciós tulajdonságokat is figyelembe kell venni (kötöttség, humusztartalom). Egy kolloidokban gazdag talaj mészigénye többszöröse lehet a kolloidszegény homoktalajénak azonos pH-érték mellett is. A talajvizsgálati eredményeket értelmezni, kalibrálni szükséges meszezési kísérletekben, hasonlóan a tápanyagvizsgálatokhoz. A két világháború között szinte még alig állnak rendelkezésre megbízható kísérleti adatok a meszezés hatásáról. Az első nagyobb meszezési kísérleti akciót *id.* Várallyay (1942, 1943) kezdeményezi Zala és Vas megye barna erdőtalajain.

Liebig (1840-1876) könyvének „Ugar” c. fejezetében tárgyalja részletesen a meszezés szerepét. Szerinte az ugar, a meszezés és az agyagföld égetése azonos célok és elvek megvalósulását szolgálja. Ezek a beavatkozások kötöttebb talajokon növelik elsősorban a talaj termékenységét az által, hogy mobilizálják a talajásványok (földpátok, Al-szilikátok) és a humusz növényi tápanyagait. Angliai tapasztalataira utalva megemlíti, hogy „Októberben a Yorkshire-i szántóföldek olyanok voltak, mintha hóval lennének borítva.

Négyzetmérföldnyi területet lát az ember oltott, vagy a levegőn szétporladó mésszel befedve, ami a nedves téli hónapok folyamán jótékony hatást fejt ki a kötött agyagtalajokra.”

Oroszország vezető tudósai (Mengyelejev, Engelhart, Kosztücev, Prjanisnyikov) már az 1800-as évek végén megállapítják, hogy az északi övezet savanyú podzol talajain meszezés nélkül nem alakítható ki racionális mezőgazdasági termelés, érdemi herekultúra, mely megalapozhatja a belterjes gazdálkodást és az állattenyésztést. A tenyészedény, szabadföldi és üzemi kísérletek eredményei szerint a meszezés olyan előfeltétel, mely nélkül nem jöhet létre termékeny, egészséges talaj, talajélet, növényzet, állatvilág és emberi közösségek (Prjanisnyikov 1965).

Avdonyin (1972) közlése szerint a savanyú kémhatás káros hatása nőhet, amennyiben a megvilágítás nem kielégítő. Ilyenkor a redukáló cukrok erőteljesen felszaporodhatnak a növényi szövetekben, mivel gátolt a monoszaharidok átalakulása bonyolultabb szerves vegyületekké. Hasonlóképpen a nem-fehérje nitrogénvegyületek túlsúlya követhető nyomon a fehérjékkel szemben. A megfigyelések szerint a túlzott nedvesség is csökkentheti a növény ellenállását a talajsavanyúsággal szemben. A növények legérzékenyebbek életük első szakaszában mindenféle stresszel, így a túlzott savanyúsággal szemben is. A meszezés kedvező agronómiai és tápanyaggazdálkodási vonatkozásai sokoldalúak lehetnek (Németh és Kádár 1998).

Ismert, hogy a savanyú közegben nő a növények B-felvétele, míg a Mo felvehetősége gátolt. Palaveev és Totev (1983) nem csak a Ca, Mg, P elemeknek tulajdonít kedvező hatást, hanem a Mo-trágyáknak is. A savanyú talajokban nő a Fe, Al, Mn, Zn, Ni stb. fémek oldhatósága, melyek egy szint után mérgezőek lehetnek. Számos kutató tapasztalta, hogy a savanyú kémhatás fokozza az anionok bejutását a növénybe. Így pl. nagyságrenddel módosulhat a foszfát/ammónium aránya a hajtásban. Nőhet a légzés intenzitása, erősödnek a hidrolitikus, ill. gyengülnek a szintetikus folyamatok, csökken a klorofillképződés és a könnyezési nedv mennyisége. A gyengén fejlett növényzet szárazságtűrése is mérséklődik.

A talajoldat aktuális savanyúságát a vizes, a potenciális vagy rejtett savanyúságát általában a KCl-os szuszpenzióban mérjük. A pH értékek tájékoztató jellegűek. Minél kisebb a KCl-os pH a vizeshez képest, annál telítetlenebb a talaj. A savanyú talajok vagy mészben szegény alapkőzetben képződnek vagy belőlük a mész már kimosódott. A hidrolitos aciditás y_1 a talajsavanyúságnak azon formája, mely elsőnek lép fel ha a talaj mészben elszegényedik. Meghatározása hidrolizáló sóoldattal (n Ca-acetát) való kezelést követően történik Kappen (1929) szerint. A további elsavanyodás során léphet fel a kicserélési savanyúság y_2 , amely mérésekor semleges n KCl sóoldattal kezeljük a talajt. Utóbbi az Al^{3+} és főként H_3O^+ ionok megjelenéséből származik a KCl-os szuszpenzióban. A szabad Al^{3+} ionok mérgezőek a növényre, meszezéssel oldhatóságuk csökken, kicsapódnak.

Ha a talajban nincs feleslegben a $CaCO_3$ és a $MgCO_3$, az elsavanyodás drasztikussá válhat. Győri (1984) szerint Afrikában, Ugandában 1,2 pH értéket is mértek. A talaj pH értéke annak adszorpciós kapacitását is befolyásolhatja. Schofield (1950) nagyobb pH-n nagyobb T-értékeket talált. A változó töltések ugyanis kis pH értékben H^+ -t kötnek, a kationcserében nem vesznek részt. A nagy pH értéken a H^+ -t leadják és képessé válnak kationcserére. A kationcserélő kapacitás alapvető fontosságú a tápanyagok megkötése (adszorpciója) és felszabadulása (deszorpciója) tekintetében, így közvetlen kapcsolatban van a növények ionfelvételével, ásványi táplálásával. Kis T-értékű savanyú talajon 2 mgeé/100 g kicserélhető Ca^{2+} tartalom alatt pl. a Ca nutritív hatása érvényesült. Colwell és Brady (1945) meszezési kísérletében a lucerna termése nem a pH, hanem a kicserélhető Ca függvényében változott. A lucerna viszont közismerten érzékeny a Mn-toxicitásra, mely a pH függvényében alakul.

A talajsavanyúság jellemzője az S-érték, (a kicserélhető Ca, Mg, K, Na kationok összege), valamint a T-S=U érték, mely az egy- és kétértékű kationokkal nem lekötött helyet ($H^+ + Al^{3+} + Fe^{2+} + Mn^{2+}$) jelöli, tehát a telítetlenséget. Gyakorlatban inkább a V% használatos, mely a bázistelítettségre utal: $V = (S \times 100) : T$, azaz a lehetséges adszorpciós helyek közül mennyi van %-osan egy és kétértékű bázikus kationokkal elfoglalva.

A pH, bázistelítettség és mészhatások általában jó összefüggést mutatnak. Pratt és Bair (1962) gyakorlatilag lineáris kapcsolatot talált 30 talajnál. A szerzők hangsúlyozták, hogy a V%-okhoz egy-egy pH intervallum utalható, mert az összefüggést egyéb talajtulajdonságok is befolyásolják. A V érték 20%-ánál 3,8-4,5 pH; 40 V%-nál 4-5 pH; 60 V%-nál 5-6 pH; 80 V%-nál 6-7 pH; 90 V%-nál 7 körüli pH értéket kaptak.

Az egyes műtrágyák savanyító hatása eltérő. Az NH_4NO_3 savanyúan hidrolizál, tehát savanyít. A N-bőség növeli a növény Ca felvételét és a Ca kimosódását egyaránt. A KCl műtrágya K^+ ionjai kicserélik az adszorbeált H^+ ionokat, a Cl^- ionok pedig a kationok kimosódását segítik elő a talajban. A szuperfoszfátban levő foszfor savanyúan hidrolizál és ezért, valamint a szabad sav tartalma miatt enyhén savanyít. A foszfát ionok ugyanakkor oldhatatlan Fe és Al vegyületeket képeznek és így savanyú közegben csökkentik a Fe és Al toxicitását. Emellett a szuperfoszfát jelentős Ca-forrás a növény számára. Trópusi talajon Birch (1951) azt találta, hogy a szuperfoszfát hatása a bázistelítettségtől függhet. A 60% alatti V-értékeknél 111%, 60-70% V-értékeknél 44% búza szemterméstöbbletet kapott meszezési kísérletben.

Csathó (2001) az 1950-1988. években Magyarországon folyt 43 meszezési kísérlet eredményeit feldolgozva azt találta, hogy a mészhatásokat a pH és az y_1 értékek jól jellemezhetik. A pH (H_2O) 5,5 alatti, ill. pH (KCl) 4,5 alatti talajcsoportban a mészhatások megkétszereződtek átlagosan. A 8 alatti y_1 talajcsoporthoz viszonyítva a 16 feletti y_1 talajcsoportban a mészhatások megháromszorozódtak. Nagy y_1 értékeket főként az agyagbemosódásos és a kovárványos barna erdőtalajok mutattak.

A kompolti tartamkísérlet 30. évében folyt vizsgálataink szerint a 10 évvel korábban végzett 8 t/ha örölt mészkőporral végzett meszezés utóhatása még nyomomonkövethető volt. A pH érték 0,6 egységgel volt nagyobb, az y_1 értéke pedig 29-ről 20-ra csökkent. Legkisebb hajtástömeget a kukorica 4-6 leveles korban nem az abszolút kontroll parcellákon, hanem az egyoldalú N-kezelésben részesült, erősen elsavanyodott (pH (KCl) 3,8) és P-hiányos kezelésben adta. A fiatal hajtás toxicitási tüneteket mutatott, Al, és Fe koncentrációja nagyságrenddel haladta meg a normális összetételt. A meszezés és a P-trágyázás egyaránt védőhatást mutatott a toxicitással szemben, gátolva az Al felhalmozódását, felvételét a növényben (Kádár és Holló 2006).

Korábban áttekintve a talajsavanyodás helyzetét arra a következtetésre jutottunk, hogy a mésztrágyázás/meszezés mintegy 3 millió ha-t, a hasznosított területünk felét érintheti. Az agronómiai mézsigény kb. 1 millió t/év CaCO_3 mennyiségnek felelhet meg, amennyiben a civilizációs hatásokat (termeléssel előálló növényi felvétel, műtrágyázás és a légköri savterhelés) ellensúlyozni kívánjuk, valamint a már elsavanyodott talajok javítását is célul tűzzük ki egy 20 éves meliorációs program keretében. A meszezőanyag közel $\frac{1}{4}$ -ét dolomitpornak kell alkotnia figyelemmel Nyírség és Somogy Mg-szegény talajaira. Meszezés hiányában a savanyú talajaink termékenysége folyamatosan csökken, a gazdálkodás egyre inkább ráfizetésessé válhat. Pénzben ki sem fejzhető azonban az a kár, mely a talajok ökológiai funkcióit, ill. multifunkcionalitását veszélyezteti (Kádár 1998).

A 35. táblázat eredményei szerint kísérletünkben a trágyázatlan kontroll talajon mért pH a N-terheléssel 0,8 egységgel csökkent, az N_2 és N_3 kezelések szántott rétege erősen savanyúvá vált. Erősen savanyúnak tekinthető az NP, NK, NPK kezelések talaja is. A meszezőanyagokkal történt kiegészítés nyomán a pH mindkét esetben megközelíti a semleges tartományt. Az erősen savanyú kezelések telítettségére utal, hogy a vizes és sós pH értékek közötti különbség 1,1 egységet érhet el, míg a közel semleges tartományban ez a különbség 0,3-0,5 egységre mérséklődik. A humusz %-a érdemben nem változik a kezelések hatására. Az NH_4 -acetát+EDTA oldható P-készlet megkétszereződik a P-trágyázással és a „jó” ellátottsági kategóriába kerül. Az oldható K-tartalom ezzel szemben csak mérsékelten változik. A K-hiányos N és NP kezelésekben mintegy $\frac{1}{3}$ -ával mérséklődik a kontrollhoz viszonyítva, míg a K-adagolással a kontroll szintjén marad. Feltételezhető, hogy a K egy része a szántott réteg alá mosódott ezen a kolloidszegény talajon.

A kicserélhető kationok mennyisége bepillantást enged a talajban végbement változások nyomomonkövetésében. Az egyoldalú N-trágyázással a Ca^{2+} 15, Mg 27, K 60%-ára zuhant az N_3 kezelésben, a kontrollon mérthez. A relative tekintélyes mennyiséget képviselő Al^{3+} mennyisége nem változott, míg a Fe^{2+} 72%-kal nőtt ugyanitt. A Na^+ mennyiségét a kezelések nem befolyásolták. A P-trágyázás részben ellensúlyozta a Ca^{2+} talajból való kilúgozását, hiszen szuperfoszfát 18-20% Ca, 13% S, 9% P, 1-2% Mg és Sr elemkészlettel rendelkezhet vizsgálataink szerint (Kádár 1992). A meszezőanyagok használatával a Ca^{2+} látványosan, a kontrollon mért érték 2-2,5-szeresére nőtt. Ugyanitt kb. 1/3-ával mérséklődik az Al^{3+} és Fe^{2+} mennyisége. A Mg-kezelések jól jelzik a kicserélhető Mg^{2+} dúsulását, mely a kontrollhoz viszonyítva mintegy a 4-szeres, míg az erősen kilúgozott kezelések talajához képest nagyságrendbelinek adódik. Megemlítjük, hogy a kicserélhető Mn meszezetlen talajon 0,004-0,005 mgeé/100 g mennyiséget jelzett, míg a meszezetlen 0,001 mgeé/100 g körül vagy alatt maradt (36. táblázat).

A 37. táblázatban megfigyelhető, hogy a T-érték minimumát az erősen kilúgozott N_3 kezelésben találjuk, míg a meszezett talajon mérsékeltén, de igazolhatóan emelkedik. A kationcserélő kapacitása e kolloidszegény talajnak kicsi, nagyságrenddel kisebb mint pl. a kompolti agyagos vályogon mért 42 mgeé/100 g T-értéknek. Az S-érték 1/3-ára zuhan az egyoldalú N-trágyázással, ill. látványosan nő a meszezőanyagok bevitelével. A T-S értékek tükrözik a talaj savanyodásában előálló változásokat, utalva a fémkationokkal nem lekötött adszorpciós helyekre, valamint az adszorbeált Fe és Al ionok együttes mennyiségére.

A bázistelítettség (V%) a kontroll talajon sem haladja meg a 35%-ot. A műtrágyázás nyomán 12-18%-ra zuhan ez az érték, tehát az adszorpciós helyek 82-88%-át döntően a H^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} ionok töltik be. Mésztrágyázással ez a helyzet megfordul, 60-70%-ra nő a kívánatos Ca, Mg, K, Na ionok részaránya. Az S-érték %-ában kifejezve a Ca^{2+} 70-88%-os túlsúlya helyreáll a meszezés eredményeképpen, mely csupán 32%-ot tett ki az N_3 -kezelésben. A Mg-kezeléssel a Mg^{2+} aránya 22%-ot éri el. Megfigyelhető, hogy a Ca^{2+} túlsúlya nyomán az antagonista K^+ és a Na^+ ionok, ill. Mg-trágyázás hiányában a Mg^{2+} ionok részaránya drasztikusan visszaszorul (37. táblázat).

A változásokat az NH_4 -acetát+EDTA oldható elemtartalmak is szemléltetik. A Ca mennyisége 87 és 767 mg/kg között ingadozik az N_3 és $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_2\text{Ca}_3$ kezelések között. Az elsavanyodással megnő a Fe és Al készlete, míg a meszezéssel a kontrollhoz közeli szintre mérséklődik. A Mg-kezelések talajában igazolhatóan többszörösére emelkedik az oldható Mg-tartalom. A Mn, Sr, Co, Ni koncentrációja szintén drasztikusan mérséklődik az egyoldalú N-trágyázással, majd helyreáll a meszezéssel. A Sr mennyiségét a szuperfoszfát adagolása és a meszezés egyaránt növelheti, amennyiben ez az elem jelentős szennyezőként fordul elő mindkét trágyaszerben. Meglepőnek tűnhet a Mn-készlet drasztikus csökkenése a műtrágyázás, ill. az elsavanyodás nyomán. Általában elfogadott, hogy a pH csökkenésével a Mn talajbani mobilitása és a növényi felvétele ugrásszerűen emelkedik. Az 38. táblázat adatai ezt nem támasztják alá. Feltehetően az oldható Mn nagyobb része az alsóbb talajrétegekbe mosódott.

Megemlítjük, hogy a Cr, B, Cd a meszezett parcellákra tendencijelleggel növekvő tartalmakat jelzett. Kérdés, hogy mennyiben támasztják majd alá a talajvizsgálati eredményeket a növényelemzés adatai. Nem változott a Na, Ba, Cu, Zn, Pb oldható mennyisége a kezelések függvényében. A Na 14, Ba 7, Cu 3, Pb 1-2, Zn 1, Cr 0,14, B 0,05, Cd 0,02 mg/kg átlaggal volt jellemezhető.

35.táblázat

Műtrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a szántott réteg talajvizsgálati jellemzőire
2006-ban, a kísérlet 44. évében
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés (1) Jele	pH (2) (H ₂ O)	pH (3) (KCl)	y ₁ (4) érték	Humusz (5) %	NH ₄ -acetát+EDTA, mg/kg (6)	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
Kontroll (7)	5,4	4,3	7,6	0,6	92	67
N ₁	5,0	4,2	9,6	0,8	85	43
N ₂	4,7	3,6	12,6	0,8	105	41
N ₃	4,6	3,5	13,6	0,7	89	44
N ₂ P ₁	4,9	3,8	10,6	0,8	135	43
N ₂ P ₂	4,6	3,9	11,6	0,9	158	50
N ₂ P ₃	4,7	3,9	11,6	0,8	191	41
N ₂ K ₁	4,7	3,7	11,4	0,8	101	56
N ₂ K ₂	4,9	3,8	10,4	0,7	92	78
N ₂ K ₃	4,8	3,7	11,1	0,8	99	73
N ₂ P ₂ K ₂	4,8	3,8	11,6	0,8	163	67
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	6,8	6,4	3,6	0,7	225	62
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	6,3	6,0	4,8	0,8	198	69
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	6,7	6,2	3,8	0,7	220	65
SzD _{5%} (8)	0,3	0,5	2,1	0,3	41	12
Átlag (9)	5,2	4,3	9,5	0,8	139	57

36.táblázat

Műtrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a szántott réteg kicserélhető kation tartalmára 2006-ban,
a kísérlet 44. évében
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés (1) jele	Kicserélhető kationok, mgeé/100 g talajban (2)					
	Ca ²⁺	Al ³⁺	Fe ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Kontroll (3)	0,85	0,63	0,25	0,11	0,15	0,11
N ₁	0,41	0,67	0,32	0,08	0,09	0,10
N ₂	0,25	0,72	0,40	0,04	0,08	0,11
N ₃	0,13	0,68	0,43	0,03	0,09	0,11
N ₂ P ₁	0,48	0,72	0,36	0,07	0,09	0,10
N ₂ P ₂	0,36	0,74	0,39	0,04	0,11	0,11
N ₂ P ₃	0,45	0,74	0,40	0,03	0,08	0,11
N ₂ K ₁	0,17	0,72	0,41	0,03	0,11	0,10
N ₂ K ₂	0,30	0,65	0,37	0,06	0,15	0,11
N ₂ K ₃	0,27	0,71	0,44	0,04	0,15	0,11
N ₂ P ₂ K ₂	0,38	0,75	0,40	0,05	0,14	0,12
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	2,18	0,40	0,15	0,05	0,14	0,11
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	1,51	0,48	0,20	0,49	0,14	0,11
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	2,00	0,36	0,15	0,27	0,15	0,11
SzD _{5%} (4)	0,28	0,08	0,07	0,06	0,03	0,02
Átlag (5)	0,70	0,64	0,33	0,10	0,12	0,11

Megjegyzés: Mn²⁺ meszezetlen talajon 0,004-0,005 mgeé/100 g, meszezetten 0,001 mgeé/100 g vagy mérés határ alatt.

37. táblázat

Műtrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a szántott réteg adszorpciós viszonyaira 2006-ban,
a kísérlet 44. évében
(Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés (1) jele	mgeé/100 g			V% (5)	S-érték %-ában (2)			
	T (3)	S (4)	T-S		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
Kontroll (6)	3,4	1,2	2,2	35	71	9	12	9
N ₁	3,4	0,7	2,7	21	57	11	13	14
N ₂	3,4	0,5	2,9	15	50	8	16	22
N ₃	3,3	0,4	2,9	12	32	8	22	28
N ₂ P ₁	3,7	0,7	3,0	19	69	10	13	14
N ₂ P ₂	3,7	0,6	3,1	16	60	7	18	18
N ₂ P ₃	3,9	0,7	3,2	18	64	4	11	16
N ₂ K ₁	3,5	0,4	3,1	12	42	8	27	25
N ₂ K ₂	3,4	0,6	2,8	18	50	10	25	18
N ₂ K ₃	3,6	0,6	3,0	17	45	7	25	18
N ₂ P ₂ K ₂	3,6	0,7	2,9	19	54	7	20	17
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	3,6	2,5	1,1	69	88	2	6	4
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	3,8	2,2	1,6	58	68	22	6	5
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	3,8	2,5	1,3	66	81	11	6	4
SzD _{5%} (7)	0,4	0,3	0,3	8	11	5	7	7
Átlag (8)	3,6	1,0	2,6	28	70	10	12	11

38.táblázat

Mútrágyázási és mésztrágya kezelések hatása a szántott réteg NH₄-acetát+EDTA oldható
 elemtartalmára 2006-ban, a kísérlet 44. évében, mg/kg
 (Kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok, Nyírlugos, Nyírség)

Kezelés jele (1)	Ca	Fe	Al	Mg	Mn	Sr	Co	Ni
Kontroll (2)	238	104	103	28	35	2,2	0,47	0,20
N ₁	161	124	123	25	28	1,2	0,47	0,16
N ₂	117	158	146	19	16	0,8	0,30	0,16
N ₃	87	152	134	18	8	0,4	0,15	0,10
N ₂ P ₁	166	138	131	23	17	1,2	0,32	0,15
N ₂ P ₂	143	147	139	20	13	1,4	0,27	0,15
N ₂ P ₃	169	168	144	18	12	1,6	0,25	0,17
N ₂ K ₁	111	160	142	18	15	0,7	0,27	0,14
N ₂ K ₂	137	142	128	23	17	0,7	0,31	0,15
N ₂ K ₃	116	164	135	18	16	0,8	0,28	0,15
N ₂ P ₂ K ₂	150	156	136	19	15	1,5	0,29	0,17
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	767	111	103	22	36	2,7	0,53	0,19
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	456	121	100	97	26	2,9	0,35	0,18
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	606	119	101	64	37	3,2	0,51	0,21
SzD _{5%} (3)	88	25	15	12	9	0,6	0,13	0,04
Átlag (4)	244	140	126	29	21	1,5	0,34	0,16

Megjegyzés: Na 14, Ba 7, Cu 3, Pb 1-2, Zn 1, Cr 0,14, B 0,05, Cd 0,02 mg/kg átlagosan a kezeléstől függetlenül (A Cr, B, Cd a meszezett parcellákon emelkedett tartalmat mutatott tendencijelleggel).

9. Kezeléshatások és a csapadékellátottság kapcsolata

Az időjárás és a termés kapcsolatának kutatása közel egy évszázada kezdődött: Smith (1915, 1920) és Fisher (1924) munkáit kell megemlíteni elsősorban. Az 1990-es években megjelentetett tudományos közlemények többsége főként a klímaváltozás és a növénytermesztés kapcsolatával foglalkozik: Adams és munkatársai (1990) az észak-amerikai mezőgazdasági termelést elemzik. Russell és Jennifer (1990) a szemiarid trópusi és a szubtrópusi területek növénytermesztéséről és az említett klímák új káros hatásairól állított össze kiadványt. A megváltozott éghajlat potenciális negatív hatásait mutatja be Rosenzweig és Parry (1994) a világ élelmiszer-ellátásával összefüggésben. Harrison és Butterfield (1996) az Európára jellemző folyamatokat értékeli az őszi búza és a napraforgó esetében. „Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe” című könyvükben Downing és szerzőtársai (2000) tudományos igényességgel mutatják be Európa helyzetét. Az angliai klíma és talaj rendszert vizsgálja, valamint a jövő feladatait taglalja a DETR (Department of the Environment, Transport and the Regions) 2001-ben megjelent összefoglaló dolgozata.

Hazánkban a konkrét kutatásokat Berényi indította el az 1930-as években. Közel 20 növény termésének időjárás függését vizsgálta és ebben a *csapadék mennyiségének* tulajdonított meghatározó szerepet (Berényi, 1944, 1956). Hasonló megállapításra jutott Szász (1981) és felhívta a figyelmet a kvantitatív becslések jelentőségére.

A szélsőséges időjárási adottságok mellett jelentősebbé válik a növények tápanyagellátásának szerepe (Németh, 1975; Kováts et al., 1985; Kádár & Szemes, 1994; Németh, 1996). Györffy és Sváb (1993) - elemezve az emlékezetes 1983. évi aszály hatásait - megállapítják, hogy: „Az 1983. évi aszály nem okozott katasztrófát, s ennek döntő oka az elmúlt évtized trágyázási rendszerében keresendő, hogy sikerült megfelelően ellátni a talajainkat tápanyaggal”. Így az aszálymérséklés egyik alapvető tényezőjének a jó tápanyagellátás tekinthető (Györffy, 1988). A trágyázás ugyanis nagyobb mértékben növeli a termést mint a vízigényt, ennek eredményeként javul a vízhasznosulás és csökken a fajlagos vízfogyasztás (Ruzsányi, 1996). A tápelemek hiánya és túlzott bősége egyaránt rontja az említett jellemzőket (Kádár, 1992) és így fokozza az aszályérzékenységet.

Szántóföldi növényeink eltérő módon reagálnak a klímaváltozások kedvezőtlen hatásaira (különösen így van ez az ökológiailag sérülékeny régiókban). Csapadékmentes időszakban az aszályérzékenység, nedves időszakban az aerációs problémák fokozódhatnak (Várallyay, 1994). Csathó és munkatársai (1991), Lásztity (1991), Kádár (1992), valamint Márton (2002a,b,c,d, 2003a,b,c) szerint különösen szoros a kapcsolat az „évhatás” és a növények tápanyag-ellátottsága, ill. termése között. Németh (1975) - kísérleteit elemezve - megjegyzi: „Régóta ismeretes az a megfigyelés, hogy az évjárat nagyobb (t/ha-ban kifejezett) különbségeket hoz létre egy-egy termesztett növény átlagtermései között, mint egy adott éven belül az eltérő trágyázási szintek”.

Jelen munkánkban a rozzsal (*Secale cereale* L.), a burgonyával (*Solanum tuberosum* L.), az őszi búzával (*Triticum aestivum* L.) és a triticaléval kapcsolatos főbb eredményeinket ismertetjük. A csapadék-hatásvizsgálatokban az OMI Nyíregyháza; Napkor állomáson mért adatok szerepelnek.

Az évhatások elemzésekor Harnos (1993) csapadékhiány (%) értékeit vettük figyelembe: aszályos év = az októbertől szeptemberig lehullott csapadék mennyisége legalább 20%-kal; aszályos nyári (április-szeptember) és téli félév (október-március) = 30%-kal; aszályos hónap = 50%-kal kevesebb, mint a sokévi átlag. A túlzott csapadékbőség megállapításánál ugyanazokat az értékeket tekintettük érvényesnek, mint az aszálynál, azonban ellenkező előjellel.

Száraz periódusok fogalma alatt Gyuricza és Birkás (2000) paramétereit fogadtuk el, miszerint „az adott időszakot vizsgálva az 10-20%-kal kevesebb csapadékot jelent a sokévi átlaghoz viszonyítva”. Az egyes kultúrák (rozz, burgonya, őszi búza, triticales) specifikus csapadékhiány értékeit a korábbi közleményekben leírtak (Márton, 2002a,b,c,d) szerint határoztuk meg. A műtrágyázás és a termés kapcsolatát

varianciával (Sváb, 1981), a csapadék, a műtrágyázás és a termés kapcsolatát regresszióanalízissel (SPSS) értékeltük.

Rozskísérletek eredményei (1962-1972 között)

A rozskísérletekben átlagos (1965-1966), aszályos (1963-1964, 1967-1968, 1971-1972) és csapadékbő (1969-1970) évjáratokat határoztunk meg. A kísérletek évhatását elsősorban a nyári félévek, a vegetációs időszakok és a vetést megelőző hónapok csapadékviszonyai határozták meg. Trágyázás nélkül az időjárási anomáliák (aszály, csapadékbőség) ellenére sem adódtak szignifikáns terméskülönbségek (átlagos év: 1,66; aszályos év: 1,51; csapadékbő év: 1,47 t ha⁻¹). Gyenge tápanyagellátásnál (N: 30 kg ha⁻¹ + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) a termések 2,01-3,04 t ha⁻¹ között változtak. A nagy (0,5-1,0 t ha⁻¹) szórások miatt a műtrágyázási hatások instabilak voltak. Az átlagos évjárat hozama több mint 1,0 t ha⁻¹-ral múlta felül a kontrollparcellákét. A csapadékbő és aszályos években 10 és 14%-kal csökkent a termés.

Közepes szintű (N: 60 kg ha⁻¹ + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) trágyázáskor az átlagos évhatásra a maximális termés meghaladta a 3,5 t ha⁻¹-t. Kimutatható volt az NP-, NPK- és NPKMg-kezelések szignifikáns termésmenvelő hatása az önálló N-trágyázással szemben. A termések instabilitása kifejezetten növekvő tendenciát (0,7-1,3 t ha⁻¹) mutatott. A csapadékbő évjáratban az aszálykárt háromszoros mértékben meghaladóan (20%-kal) csökkent a hozam.

A növények jó tápelem-ellátottságánál (N: 90 kg ha⁻¹ + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) átlagos évben a termések meghaladták a 3,5 t ha⁻¹ mennyiséget. A N-kezelések és P, K, Mg kombinációik hatását a kedvezőtlen időjárású években (aszály, csapadékbő) stagnálás és terméseszkökenés jellemezte. A termések instabilitása tovább fokozódott (1,0-1,8 t ha⁻¹). A termés aszályos évben, ill. csapadékbőben 17, ill. 52%-kal csökkent. Az N-, NP-, NK- és NPK kezelésekkel szemben az NPKMg-táplálás mindkét időjárási anomália károsító hatásának jelentős mértékű csökkentését eredményezte. Az NPK-kezelések (-21%-os aszályos és -39%-os csapadékbő évjáratú) kárértékei a kiegészítő Mg trágyázás hatására -4 és -11%-ra mérséklődött.

A vegetációbani csapadékmennyiség és a termés között a N-adagoktól, ill. az NP, NK, NPK és NPKMg kombinációktól függő szoros másodfokú ($0 = 0,9900^{***}$, $N = 0,8400^{***}$, $NP = 0,8400^{***}$, $NK = 0,9100^{***}$, $NPK = 0,8500^{***}$, $NPKMg = 0,6500^{**}$) összefüggések voltak kimutathatók.

A legkedvezőbb (4 t ha⁻¹ körüli) termések a 400-500 mm-es csapadékmennyiségek között jelentkeztek. Az 500 mm felettieknek erőteljes terméseszkökenő hatása volt (4. ábra).

Burgonyakísérletek eredményei (1962-1979)

A burgonyakísérletekben aszályos (1972-1973), csapadékbő (1964-1965) és átlagos (1962-1963, 1966-1967, 1968-1969, 1970-1971, 1974-1975, 1976-1977, 1978-1979) évjáratok voltak. A kísérletek évhatásait elsősorban a téli félévek, az ültetést megelőző hónapok, a vegetációs időszakok, a nyári félévek és a betakarítási hónapok csapadékmennyiségei jellemezték.

Trágyázás nélkül - a sokévi átlagnak megfelelő évekhez képest - az aszályos (1972-1973) és csapadékbő (1964-1965) években 2,0-2,8 t ha⁻¹-ral csökkent a termésszint.

Gyenge tápanyagellátásnál (N: 50 kg ha⁻¹ + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) - a trágyázási kezelések átlagában - a csapadékhiányos évjárat hozama 8 t ha⁻¹ értékkel múlta felül a kontrollparcellák termését. Az átlagos és a csapadékbő évek esetén ez az érték 5,8 és 4,4 t ha⁻¹ volt. Az átlagos évjáratához viszonyítva az aszályos évben mintegy 67%-os termésmenvekedést, a csapadékbőben az átlagossal közel azonos hatást figyeltünk meg.

Közepes szintű trágyázáskor (N: 100 kg ha⁻¹ + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) a maximális terméseket az NPK- és NPKMg-kezelések adták. Az évjáráthatások a jobb tápláltság hatására kiegyenlítettebben jelentkeztek. Az átlagos évjáratban a kezelések termésmenővelő hatása meghaladta a 7 t ha⁻¹ értéket. Ez a különbség az aszályos évben megközelítette a 10 t ha⁻¹ mennyiséget, a csapadékbő évben 7,6 t ha⁻¹ értékre csökkent.

A növények jó tápelem-ellátottsága esetén (N: 150 kg ha⁻¹ + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) - a trágyázási kezelések átlagát tekintve - a termés 16 t ha⁻¹ fölé emelkedett, 100%-kal meghaladva a kontrollparcellákét.

A csapadékbő és aszályos évjáratok terméscsökkentő hatása ezen az ellátottsági szinten nem jelentkezett. Ez alátámasztja a műtrágyázás kedvező, időjárást kompenzáló hatását. Aszályos, ill. csapadékbő évben 3, ill. 12%-kal nőtt a hozam az átlagoshoz viszonyítva. A csapadékbő év pozitív hatása közel 24%-kal haladta meg a közepes ellátottságét.

A vegetációbani csapadékmennyiségek és a termések között a nitrogén adagjaitól, ill. az NP, NK, NPK és NPKMg kombinációktól függő szoros ($0 = 0,9800^{***}$, $N = 0,9500^{***}$, $NP = 0,9600^{***}$, $NK = 0,9500^{***}$, $NPK = 0,9800^{***}$, $NPKMg = 0,9600^{***}$) másodfokú összefüggések adódtak. A maximálishoz (21 t ha⁻¹) közeli termések a 280-330 mm közötti tartományban jelentkeztek. A 400 mm feletti csapadékok erőteljesen csökkentették a termést (5. ábra).

Őszibúza-kísérletek eredményei (1973-1990)

A búzakísérletekben átlagos (1978, 1982, 1989), száraz (1974), aszályos (1976, 1990) és csapadékos (1980) évjáratokat regisztráltunk.

Átlagos évjáratokban a kontrollparcellák termése 1,6 t ha⁻¹ szinten stabilizálódott. A kezelésekből a minimális (2,3 t ha⁻¹) termésmenőget a maximális (3,7 t ha⁻¹) több mint másfélszeresen haladta meg. Az N-, NP- és NK-táplálás 1,0 t ha⁻¹ körüli főterméknövekményt eredményezett a kontrollhoz képest. A búzatermés csak az NPK- és NPKMg-kezelésekkel volt fokozható gazdaságosan. Száraz évjáratok esetén trágyázás nélkül az átlagos évhatáshoz (1,6 t ha⁻¹) hasonló (1,7 t ha⁻¹) hozam adódott. Az N-, NP- és NK-kezeléseknél 12, az NPK- és NPKMg-adagoknál 10% volt a károsodás mértéke.

Aszálykor a kontrollterületek szemtermése mintegy 30%-kal volt kevesebb, mint az átlagos évjáratoké. Az egyoldalú N és a hiányos NP- és NK-kombinációknál 41% volt a kiesés, amelyet az NPK- és NPKMg-adagok még 7%-kal tovább fokoztak (48%).

Csapadékos évben az aszálykárt meghaladó mértékben csökkent a hozam. A műtrágyázás nélküli parcellákon az átlagos évhatásnál több mint 80%-kal kevesebb termett. Kedvezőtlen növénytaéplálás esetén (N, NP, NK) 64%-kal volt kevesebb a betakarítható főtermés. A teljes NPK- és NPKMg-kezelésekben kissé mérsékeltebb (63%-os) negatív hatást állapítottunk meg.

A vegetációs csapadékmennyiség, a N-, P-, K- és Mg-tápláltság és a termés kapcsolatrendszerben a tápláltságtól függő másodfokú összefüggések ($0 = 0,5949^{***}$, $N = 0,5734^{***}$, $NP = 0,7635^{***}$, $NK = 0,5357^{**}$, $NPK = 0,6710^{***}$, $NPKMg = 0,7055^{***}$) a meghatározhatók (5. ábra).

Az optimális csapadékmennyiség 1 mm-re eső szemtermés tömege a trágyázásoktól függően 3,7 és 7,2 kg ha⁻¹ ($0 = 3,7$; $N = 4,6$; $NP = 6,1$; $NK = 4,8$; $NPK = 6,2$; $NPKMg = 7,2$; kezelések átlaga = 5,4 kg ha⁻¹) között változott (2. ábra). A $N = 24$, $NP = 65$, $NK = 28$, $NPK = 67$, $NPKMg = 95$ és a kezelések átlaga esetében 46%-kal hasznosult jobban a természetes csapadék, mint a trágyázatlan területeken. A kiegészítő Mg-adag 17%-os (1,0 kg ha⁻¹ mm⁻¹) termésmenő növekedést eredményezett a teljes NPK tápelemellátáshoz hasonlítva. Az optimális csapadékmennyiségek és a hozzárendelhető termések 449-495 mm és 1,7-3,4 t ha⁻¹ között változtak.

Tritikale-kísérleti eredmények (1990-2001)

A tritikale-kísérletekben átlagosan (1991, 1995, 2000), száraz (1993), aszályos (1992, 1994, 1996), csapadékos (1997, 1998, 2001) és csapadékbő (1999) évjáratokat különböztettünk meg. A kísérletek évhathását döntően a téli félévek, a nyári félévek, a vetés előtti hónapok csapadékmennyisége, a kritikus egymás utáni hónapok gyakorisága a vegetációban és a kísérleti évben jellemzők alakították ki.

Az átlagos évjáratokban a trágyázatlan kontrollparcellák termése alacsony ($1,4 \text{ t ha}^{-1}$) szinten realizálódott. A trágyázási kezelésekben a minimális ($1,9 \text{ t ha}^{-1}$) terméstömeget a maximális ($4,0 \text{ t ha}^{-1}$) több mint kétszeresen meghaladta. Az N-, NP- és NK-trágyázás átlagosan mintegy $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ hozamnövekményt eredményezett a kontrollterületekhez viszonyítva. A triticales termése csak a teljes NPK-kezeléssel ($3,3 \text{ t ha}^{-1}$) és annak NPKCa-, NPKMg-, NPKCaMg kombinációival volt növelhető ($3,9 \text{ t ha}^{-1}$) gazdaságosan.

Szárazság és aszály esetén a kontrollterületek termése 14 és 36%-kal csökkent az átlagos évjáratokéhoz képest. Az egyoldalú N- és a hiányos NP- és NK kezeléseknél 45 és 24% volt a termés kiesés, amelyet az NPK-, NPKCa-, NPKMg- és NPKCaMg-adagok még 22 és 22%-kal fokoztak.

Csapadékos évjáratban trágyázás nélkül 14%-kal csökkent; egyoldalú (N) és hiányos (NP-, NK-) táplálásnál nem változott; teljes NPK- és kiegészített (NPKCa-, NPKMg-, NPKCaMg-) ellátottságon 31%-kal nőtt a termés. Csapadékbő évjáratban az átlagos évjáratához hasonló hozamok adódtak.

A „vegetációs csapadékmennyiség-NPKCaMg-tápláltság-termés” kapcsolatrendszerben a másodfokú ($0 = 0,3455^{**}$, $N = 0,2779^{+}$, $NP = 0,4722^{***}$, $NK = 0,3739^{***}$, $NPK = 0,6311^{***}$, $NPKCa = 0,6673^{***}$, $NPKMg = 0,6734^{***}$, $NPKCaMg = 0,6232^{***}$) összefüggések voltak meghatározók. A maximális termések az 550-600 mm közötti csapadéktartományban, 580 mm-nél jelentkeztek. Ez alatt és felett jelentős mértékben csökkent a triticales termés.

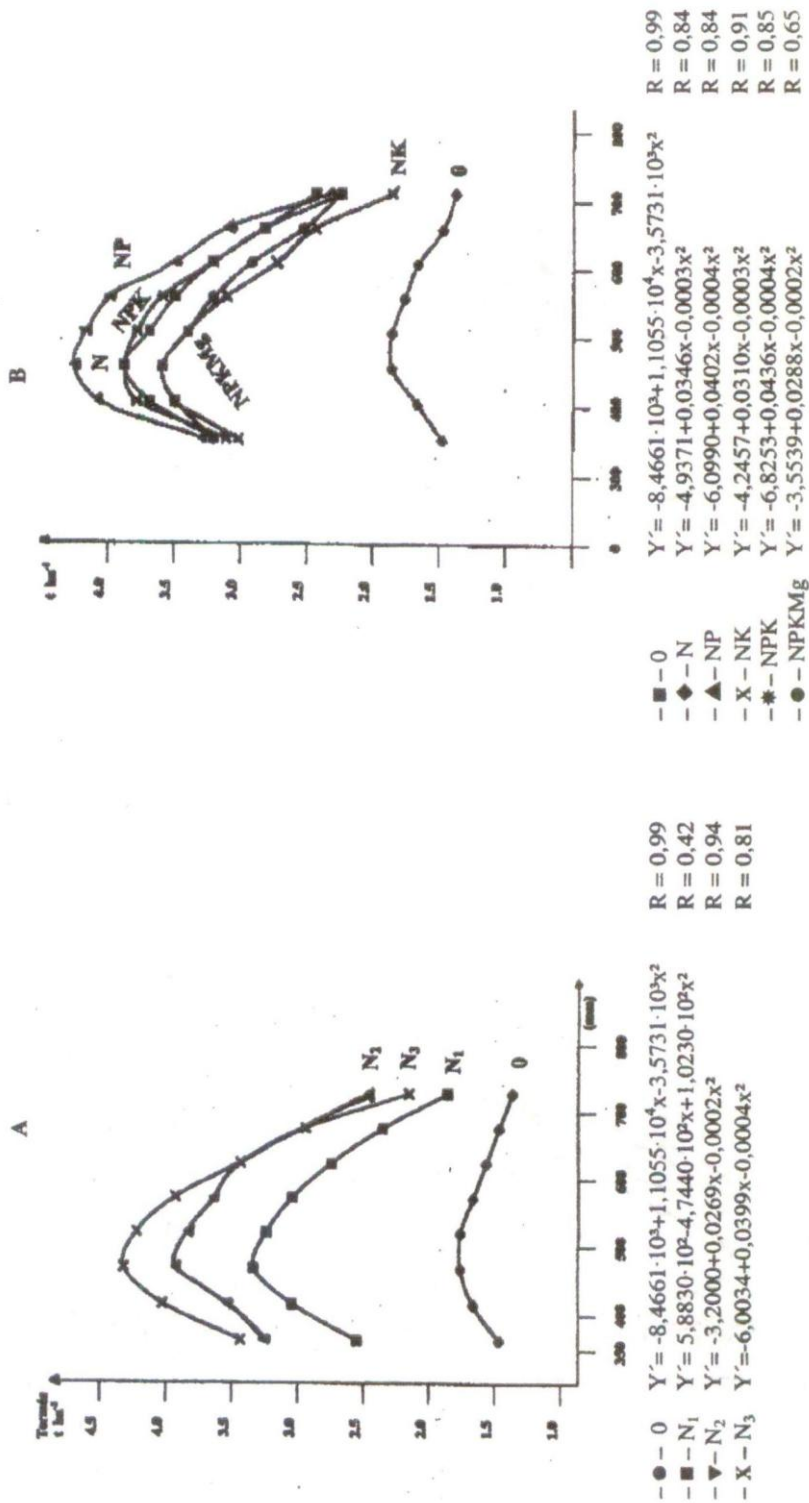
Főbb eredményeink az alábbiakban foglalhatók össze röviden:

A rozs jó (N: 90 kg ha^{-1} + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) tápelemellátottságánál átlagos évben a termések meghaladták a $3,5 \text{ t ha}^{-1}$ mennyiséget. Aszályos évben 17, a csapadékbőben 52%-kal csökkent a termés. A legkedvezőbb (4 t ha^{-1} körüli) termések a csapadék 400-500 mm-es mennyiségeinél voltak regisztrálhatók

A burgonya jó tápláltságánál (N: 150 kg ha^{-1} + NP, NK, NPK, NPKMg kombinációk) a csapadékbő és aszályos évjáratok termés-csökkentő hatása nem jelentkezett. A maximálishoz (21 t ha^{-1}) közeli termések a 280-330 mm közötti természetes csapadékoknál adódtak.

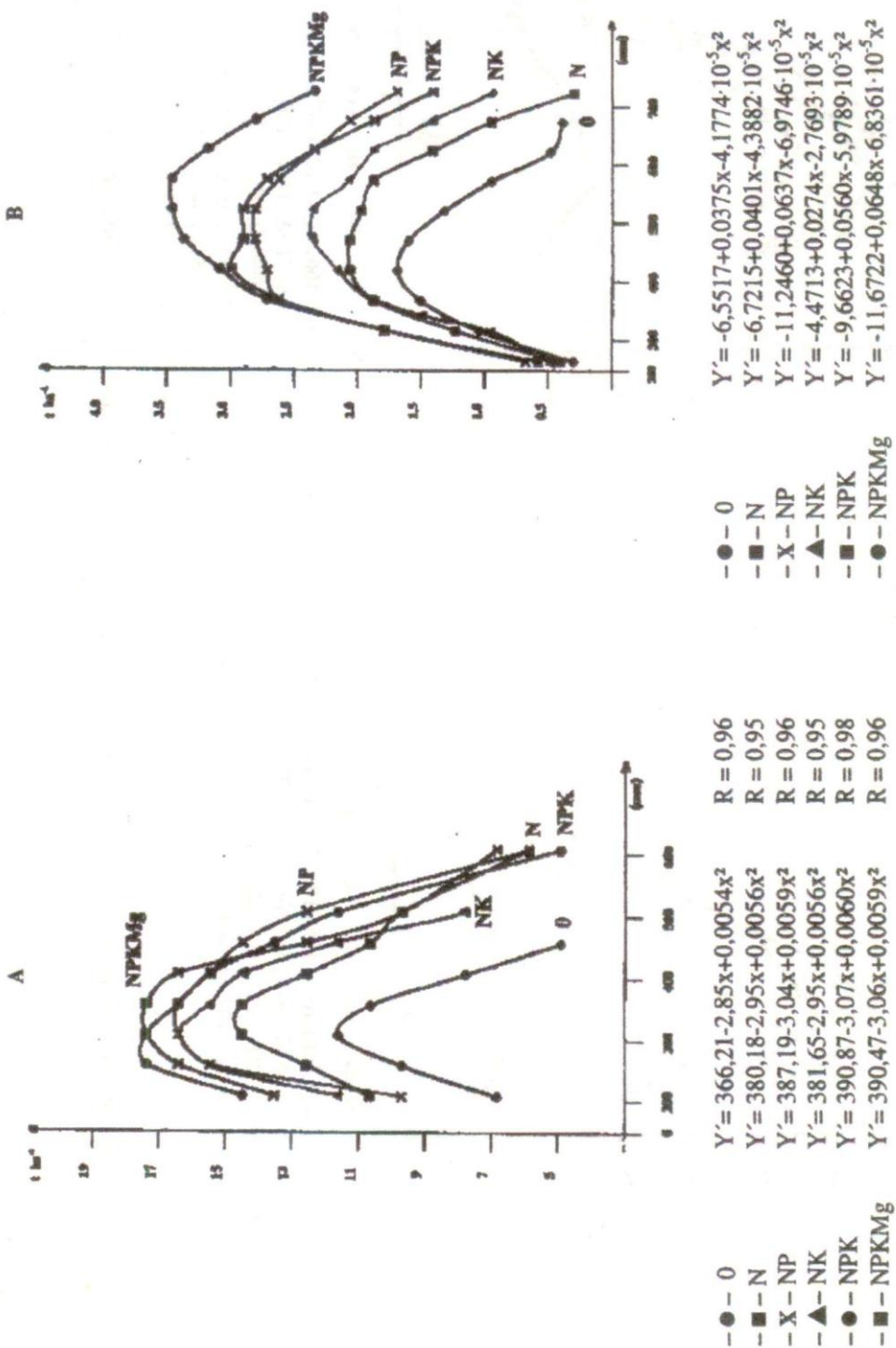
A búzánál csapadékos évben az aszálykárt meghaladó mértékben csökkent a hozam. Az optimális csapadékok és a hozzárendelhető termések 449-495 mm és $1,7-3,4 \text{ t ha}^{-1}$ között változtak.

A tritikale-kísérletekben szárazságban és aszályban az egyoldalú N- és a hiányos NP- és NK-kezeléseknél 45 és 24% volt a termés kiesés, amelyet a NPK-, NPKCa-, NPKMg- és NPKCaMg-adagok még 22 és 22 %-kal fokoztak. Az $5,0-6,0 \text{ t ha}^{-1}$ körüli maximális termések az 550-600 mm közötti csapadéktartományban, 580 mm-nél mutatkoztak.



4.ábra

A vegetáció alatti csapadékmennyiség (mm) és a rozs (*Secale cereal* L.) termésének (t·ha⁻¹) összefüggései különböző N-ellátottság (A), illetve különböző tápanyag-ellátottság (B) esetén



5.ábra

A vegetáció alatti csapadékmennyiség (mm) és a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) (A) (Nyírlugos, 1963-1979), illetve az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) (B) (Nyírlugos, 1973-1990) termésének (t·h⁻¹) összefüggései különböző tápanyag-ellátottság esetén

10. A 0,01 M CaCl₂ módszerrel kapott talajvizsgálatok eredményei

Bevezetés

A Nyírség változatos talajtakarójának egyik jellemzője a homoktalajok nagy túlsúlya. A peremvidékeket kivéve a talajok többsége erősen kilúgzott, savanyú kémhatású. A homoktalajok általában humusz- és részben tápanyagszegények. Termékenységüket a gyenge víz-visszatartó és nagy víz-áteresztő képességgel jellemezhető kedvezőtlen vízháztartási tulajdonságok is korlátozzák.

A homoktalajok közül a futóhomok, gyengén humuszos homok, illetve humuszos homok a vázталajok csoportjába tartoznak. Az egyéb talajtípusok leggyakoribb képviselője a homokon képződött kovárványos barna erdőtalaj. A barna erdőtalajok feltalaja a képződési viszonyok következtében savanyú kémhatású. Minél nagyobb a kilúgzás mértéke, annál savanyúbbak.

A homokon kialakult kovárványos barna erdőtalajok szelvényeiben sajátos rétegződés figyelhető meg. A kilúgzási szint mintegy 30-50 cm, vagy ezt meghaladó. A kilúgzási szint alatt elhelyezkedő felhalmozódási szint barnás, vörös, vagy vörösbarna agyagos kovárvány csíkok formájában jelenik meg. A csíkok vastagsága néhány milliméter, illetve centiméter. A csíkok általában 5-20 cm távolságra helyezkednek el egymástól. A felhalmozódási szint is gyengén savanyú. A kovárvány csíkos szint, a közbezárt talajrétegekkel együtt meghaladhatja a kilúgzási szint vastagságát. A kovárvány képződés a mélységgel csökken, az alapközvet határán megszűnik.

A kovárványos barna erdőtalajok vízgazdálkodása kedvezőbb, mint az egyöntetű homok szelvényvel jellemezhető egyéb homoktalajok. A kovárvány csíkok között több víz raktározódik, mint a futóhomokok, illetve gyengén humuszos homokok szelvényében. A kovárvány csíkok a tápanyag-gazdálkodás szempontjából is kedvezőbb tulajdonságúak. A kolloidban gazdagabb kovárvány csíkok több tápanyagot tudnak megkötni, mint a homok, a bennük tárolt nedvesség segíti a tápanyagok érvényesülését (Stefanovits-FILEP-FÜLEKY 1999).

A talajképződés során kilúgozott, kevés szerves és szervesetlen kolloidot tartalmazó, kis adszorpciós kapacitású talajokra a kalcium és magnézium hiánya egyaránt jellemző. Legszegényebbek a vázталajok típusához tartozó futóhomokok. A kovárványos barna erdőtalajok ugyancsak kalcium- és magnéziumszegények, csak a kovárvány csíkokban adszorbeálódhat viszonylag nagyobb részarányban kalcium és magnézium.

Fenti problémák ismeretében állította be Láng István Magyarország egyik legrégebbi műtrágyázási tartamkísérletét 1962-ben a Nyírségben, kovárványos barna erdőtalajon. A Nyírlugos határában lévő kísérletben a növekvő N,P,K-adagok kombinációinak kiegészítéseként, kalcium-karbonát és magnéziumkezelések is szerepelnek, tekintettel a talaj savanyúságára és kis oldható magnézium tartalmára. Ennek következtében lehetővé vált az N,P,K- műtrágyák érvényesülési feltételeinek tanulmányozása különböző feltételek mellett az adott termőhelyen.

A tartamkísérlet eddig publikált terméadatai (Láng I. 1973, Kádár- Szemes 1994, KÁDÁR-NÉMETH- SZEMES 1999) egyértelműen bizonyítják, hogy a feltalajában erősen kilúgozott kovárványos barna erdőtalajon megfelelő hozamok csak a kémhatásviszonyok rendezésével és kiegyensúlyozott tápanyag-ellátással érhetők el. Márton (2006) a csapadékellátás hatását igazolta, tíz év terméadatainak elemzése alapján.

Korábbi munkáinkban (Loch et al, 2002, Loch 2003, Loch et al 2005) a nyírlugosi tartamkísérletben hagyományos és 0,01M kalcium-kloridos kivonatban végzett talaj-tápelem vizsgálatok és terméselemzések alapján rámutattunk az egyes tápelemek pótlásának jelentőségére, a kalcium- és magnézium-ellátás szükségességére. A talajok savanyú kémhatása gátolja a tápelemek érvényesülését, a kilúgzás következtében fellépő kalcium- és magnézium-hiány terméslimitáló lehet.

Jelen tanulmányban a talajvizsgálatok további elemzése alapján bemutatjuk a kezelések hatását a talaj tápelem-tartalmára, kémhatására. Következtetéseket vonunk le a környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás szempontjából követendő legfontosabb teendőkre. Javaslatot teszünk a hagyományos talajvizsgálati módszerek mellett a 0,01M kalcium-kloridos talajvizsgálat kiegészítő módszerként való használatára.

A téma indoklása

A témát az teszi aktuálissá, hogy napjaink egyik fő célkitűzése a fenntartható gazdálkodás megvalósítása, a talajok termékenységének megóvása. A mezőgazdasági termelés alapja a talaj. A talaj feltételesen megújítható természeti erőforrás, melynek termékenysége csak rendszeres tápanyag utánpótlással, trágyázással biztosítható. Tekintettel arra, hogy Magyarországon a kis állatlétszám (0,2 számosállat/ha) trágya termelése nem fedezi a növénytermesztés tápanyagszükségletét a műtrágyák alkalmazása elkerülhetetlen.

A trágyázással szemben támasztott követelmény, hogy a növények igényét kielégítő, környezetkímélő és gazdaságos legyen. A környezetbarát tápanyag-gazdálkodás kritériuma, hogy a környezet minimális terhelésével biztosítsa a növények tápanyag ellátását. A környezetkímélő és gazdaságos tápanyag-utánpótlás egyaránt szükségessé teszi a talaj könnyen oldható, a növények számára könnyen hozzáférhető tápanyagkészletének ismeretét, a környezetet terhelő felesleges adagok elkerülését.

A Nyírség savanyú homoktalajai a környezetileg érzékeny talajok csoportjába tartoznak. A humusz és ásványi kolloidokban szegény, karbonátmentes talajok puffer-kapacitása rendkívül kicsi, így a műtrágyák savanyító hatása sokkal erőteljesebben érvényesül, mint más talajokon. Ennek következtében különös gondot kell fordítani a savanyító hatású ammónium sók és egyéb savanyító műtrágyák alkalmazására.

Magyarországon, mint ismeretes a műtrágya-felhasználás erőteljes növekedésével 1965-1990 között látványos eredményeket értünk el. Javult a talajok tápanyag-ellátottsága, kétszeresére, illetve azt meghaladó mértékben nőtt a búza- és kukoricatermés országos átlaga. A termések növekedéséhez hozzájárult a nagyobb termőképességű fajták és hibridek termelésbe vonása, az agrotechnika egyéb elemeinek javulása, azonban kétségtelen tény a tápanyagellátás meghatározó szerepe. Ezt leginkább a termések visszaesése igazolta a tápanyag-felhasználás erőteljes csökkenésének hatására 1990 után. Napjainkban egyre erőteljesebb a nagy ingadozást mutató klimatikus tényezők hatása, a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése.

A tápanyagellátás kedvező hatásainak elemzése során rá kell mutatnunk a trágyázás potenciális károsító hatására is, mely elsősorban a túladagolás és szakszerűtlen alkalmazás során léphet fel. A környezetre leginkább a feleslegben alkalmazott nitrogén trágyák jelentenek veszélyt, savanyítják a talajt és nitrát-felhalmozódást okozhatnak a termésben és a talajvízben. Nem csak az ammónium sók, hanem lebomlás után a karbamid is savanyítja a talajt. A feleslegben adott nitrát-nitrogén egy része a termésben akkumulálódhat és a táplálékláncon keresztül károsíthatja az emberi szervezetet, másik része a talaj mélyebb rétegeibe mosódhat, veszélyeztetve az ivóvíz bázisokat.

Jól levegőzött talajokban az ammónium ionok viszonylag gyorsan nitráttá alakulnak. Az oxidációs folyamatban a nitrát ionokon kívül, víz és hidrogénionok keletkeznek. A hidrogén ionok fokozzák a talajoldat savanyúságát. A nitrogén műtrágyákon kívül a foszfor és kálium műtrágyák is savanyíthatják a talajt, bár lényegesen kisebb mértékben.

A műtrágyák ismert savanyító hatása, a környezetileg érzékeny, kilúgzott talajokon megkívánja a savanyító hatást kompenzáló kalcium-karbonát, vagy magnézium tartalmú dolomit alkalmazását. Nyugat-Európa számos országában, különösen laza, savanyodásra hajlamos talajokon, az NPK trágyázás kiegészítéseként, rendszeresen alkalmazzák a kalcium-karbonátot kis adagban, mésztrágyázás néven. Hazánkban a mésztrágyázás nem honosodott meg. A savanyú talajok korábban viszonylag széles körben végzett javítása nagy adagú kalcium-karbonát javítóanyaggal (meszezés), az elmúlt évtizedekben teljes mértékben visszaszorult. Ennek következtében a savanyodásra hajlamos területeken a talajok savanyúsága fokozódott.

Az optimális tápanyagszükséglet meghatározásának problémái

A termelési és környezeti célok összehangolásának kulcskérdése a növénytermesztésben az optimális trágyaadagok meghatározása, melyek a növények szükségletét a környezet minimális terhelésével fedezik. **Mielőtt rátérnénk a nyírlugosi tartamkísérlet eredményeinek elemzésére, melynek célja a trágyázás hatásainak bemutatása és következtések levonása a hasonló adottságú termőhelyek tápanyag-gazdálkodására, ki kell térnünk a tápanyagszükséglet meghatározásának problémáira.**

A tápanyagszükséglet becslése világszerte a növények várható termésével elvont tápelem mennyiség alapján történik, a talaj tápelem ellátottságának figyelembe vételével. Jól ellátott talajon az elméleti szükségletnél kevesebbet, gyengén ellátott talajon többet kell pótolnunk. Az elméletileg szükséges mennyiség meghatározása sem problémamentes, mivel a várható termés számos egyéb tényezőtől függ. Ennél is nagyobb problémát jelent a talaj ellátottságának, szolgáltató képességének meghatározása, ezért

helyesebb a szükséglet becsléséről beszélni (Sarkadi J. 1975). A hagyományos és újabb vizsgálati módszereket összefoglaló tanulmányban értékeltük (Loch, 2006).

A talajok N-ellátottságának, N-szolgáltatásának becslése

A talajok N-ellátottságának becslése különösen nehéz. A hazai MÉM-NAK szaktanácsadásban a talajok N-ellátottságát a humusztartalom és a kötöttség alapján ítélik meg, figyelembe véve a nitrifikációs viszonyokat. A nitrifikációs viszonyok jellemzésnek alapja a talajok termőhelyi besorolása. A talajokat képződési viszonyaik, fizikai, kémiai és agronómiai tulajdonságaik alapján hat termőhely-csoportba osztották, melyekben eltérőek a nitrifikációs viszonyok és ennek megfelelően adott humusztartalom más-más N-ellátottságnak felel meg (Antal J. és munkatársai, 1979).

SARKADI (1975) korábban az összes N mennyiségét javasolta a N-ellátottság becslésére. (A humusz és összes N-tartalom között viszonylag szoros az összefüggés, 1 % humusz = 0,06 % N).

Sarkadi (1975) a talaj N-szolgáltató képességének becslésére az alábbi képletet javasolta:

N-szolgáltató képesség (NO₃-N kg/ha) = N · f · 300

N = talaj összes N-tartalma (%)

f = szorzófaktor

39. táblázat: Szorzószámok a talaj N-szolgáltató képességének meghatározásához

Fizikai talajféleség	Talajtípus		
	csernozjom	réti, szikes	erdő
Homok	1,5	1,25	1,25
Homokos vályog	1,25	1,0	1,0
Vályog	1,0	0,8	0,8
Agyagos vályog	0,8	0,7	0,8
Agyag	0,7	0,6	0,7

SARKADI, 1975

A szorzófaktor nagysága a nitrifikációt befolyásoló talajtulajdonságoktól, a talajok kötöttségétől és típusától függ (39. táblázat). A levegős homoktalajokon élénk a nitrifikáció, ezért itt nagyobb a szorzófaktor értéke, míg a kötött talajokon a lassúbb nitrifikáció miatt kisebb. A nitrifikáció intenzitását a típusok vízgazdálkodási tulajdonságai is befolyásolják, legkedvezőbbek a viszonyok a csernozjom talajokon.

Nyugat-Európában a közvetlenül felvehető szervesetlen N-formákat (NO₃-N és NH₄-N) tartalmat vizsgálják. A Wehrmann és Scharpf (1979) által kidolgozott eljárás N_{min} módszerként vált ismertté. A talajt 1 m mélységig mintázzák kora tavasszal, rétegenként meghatározzák a szervesetlen N formákat, majd kiszámítják az 1 m-es réteg NO₃-N + NH₄-N tartalmát, ennek figyelembe vételével határozzák meg a tavaszi N szükségletet.

A talajok ásványi nitrogén formáinak mérése hazánkban csak a cukorrépa termesztésben és egyes kertészeti kultúrákban vált gyakorlattá. Korábban a gabonák tavaszi fejtrágyázási adagjának megállapítására is javasolt volt. A nitrát (NO₃⁻) és ammónium (NH₄⁺) ionok mennyiségét mólos KCl kivonatban határozzák meg, (MSz-08-0453:1980) szerint.

A cukorrépa termesztésben előbb Ausztriában majd Németországban az EUF (elektro-ultra-filtrációs módszer) terjedt el, a talaj különböző N-formáinak vizsgálatára, később Magyarországon is bevezették. Az EUF módszer alapja a tápelemek desztillált vízzel történő ismételt extrakciója, egyenáramú áramforrás két pólusa között, növekvő feszültség mellett Németh K. (1972).

Az oldatba jutó kationok és anionok az ellentétes pólusokhoz vándorolnak, így elkülöníthetők. A fokozatosan növelhető feszültség növeli az ionok vándorlási sebességét, illetve deszorpciójukat a talajról, ez teszi lehetővé a különböző mértékben kötött frakciók elválasztását. A frakciók mennyiségi aránya alapján jellemezhető az aktuális és potenciális tápelem-tartalom, illetve a talaj tápanyag-szolgáltató képessége.

Az EUF módszer egyik nagy előnye, hogy a kivonatokban a szerves N-formákon kívül meghatározható a könnyen oldható és oxidálható szerves frakció is. Németh K. (1979) kimutatta az Norg frakció összetételét: polipeptidok, peptidok, aminosavak, felismerte ennek jelentőségét. Javasolta a szerves ionokon kívül, a könnyen mobilizálható Norg frakció figyelembevételét a cukorrépa termesztésben. A módszert Németh és Wicklicky (1982) nyomán eredményesen használják Ausztria és Németország egyes tartományaiban, valamint hazánkban, a cukorrépa-trágyázási szaktanácsadásban. Az EUF módszer hátránya, hogy a talajok extrakciójához speciális, beruházás-igényes berendezésre van szükség. A talajkivonatok elkészítése idő- és munkaigényes, ezért sorozat-vizsgálatokra nem alkalmas. Az eszköz- és munkaigényes eljárás eredményesen helyettesíthető a 0,01 M kalcium-kloridos extrakcióval.

A 0,01M kalcium-kloridban oldható, kicserélhető tápelem-tartalom

A hagyományos, hazánkban általánosan elterjedt módszerek, valamint az EUF módszer ismertetése után bemutatjuk a 0,01 M kalcium-kloridban oldható, kicserélhető tápelem-tartalom meghatározásának és alkalmazásának lehetőségeit külföldi és saját kutatási tapasztalataink alapján.

Az analitikai módszerek fejlődésével a tápelemek vizsgálatára a múlt század második felében az enyhe extraháló szerek (desztillált víz, híg sóoldatok) kerültek előtérbe, mivel feltételezhető, hogy az enyhe kivonószerekben oldható tápelem-frakciók a növények számára közvetlenül hozzáférhetők. Az erősebb kivonószerek ugyanis, a vízben oldható frakciókon kívül a tartalékkészleteket is oldják.

A van der Pauw és Sissingh (1971) által javasolt desztillált vizes extrakció nem terjedt el széles körben, mivel különösen az agyagtalajok esetében a talaj-szuszpenziók nehezen szűrhetők. Schachtschabel (1954) a semleges kémhatású enyhe sóoldatok közül a 0,0125 M kalcium-klorid oldatot ajánlotta növények számára könnyen hozzáférhető magnézium készletek meghatározására. A módszer elsősorban Nyugat-Európában terjedt el.

HOUBA és munkatársai (1990) a makro- és mikro-tápelemek meghatározására univerzális kivonószerként a 0,01M kalcium-klorid oldatot javasolták. Az eljárás bevezetését – egységes módszerként – a nemzetközi szabványosítási szervezet (ISO TC 190 "Soil Quality") is támogatta.

A Debreceni Egyetem Agrokémiai és Talajtani tanszékén közel két évtizede teszteljük a 0,01 M kalcium-klorid talaj-kivonószert alkalmazását és hazai adaptálhatóságát.

A módszer előnyei:

- a híg sóoldat enyhe oldó és ioncserélő hatása,
- a kivonószert Ca-koncentrációja közel áll a talajoldat koncentrációjához,
- a kivonat jól szűrhető, több tápelem (N, P, K, Mg) és néhány mikroelem jól mérhető benne,
- a szerves ionokon kívül, a könnyen oldható és oxidálható szerves N-frakciói is meghatározható a kivonatban.

A könnyen oldható és oxidálható szerves N-frakció meghatározásának jelentősége abban áll, hogy a gyökér- és talómaradványok bomlásból származó polipeptidok, peptidok, aminosavak fehérje és peptidok további mikrobiológiai bontása és átalakítása során a növények számára hasznosítható ammónium (NH_4^+), illetve nitrát (NO_3^-) ionok keletkeznek, melyek mennyisége sem növény táplálási, sem környezetvédelmi szempontból nem hanyagolható el.

Az organikus N-frakció meghatározását a 0,01M kalcium-kloridos kivonatban Houba és munkatársai (1986) kezdeményezték. Kidolgozták az N-frakciók automatikus mérésének módszereit. Összehasonlító vizsgálataik során megállapították, hogy az EUF és a kalcium-kloridos kivonatokban mért organikus frakció értékei között szoros az összefüggés. Appel és Steffens (1988) megerősítették az EUF és a kalcium-kloridos Norg frakció közötti kapcsolatot. Appel és Mengel (1990, 1992) homoktalajokban vizsgálták az EUF és kalcium-kloridos kivonatban mérhető organikus frakció szerepét, jelentőségét a repce- és a gabona-termesztésben.

Saját összehasonlító vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a hagyományos módszerekkel meghatározott és a 0,01M kalcium-kloridos kivonatban mért mutatók között fennálló korrelációk alapján, hogy a pH mérésben, a N frakciók, valamint a könnyen oldható K- és Mg-tartalom meghatározásában a hagyományos eljárások helyettesíthetők a kalcium-kloridos extrakcióval. Szabadföldi trágyázási kísérlet mintáiban végzett mérések és a N adagok közötti összefüggések bizonyították, hogy a módszer alkalmas a talajok tápelem-ellátottságának jellemzésére. (Houba-Jászberényi-Loch 1991).

1995-1997 között Hollandia, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország kutatóinak közreműködésével, nemzetközi együttműködésben tanulmányoztuk a módszer alkalmasságát, egységes módszerként való bevezetésének lehetőségét. Később, 1995-98 és 2000-2003 között OTKA témák keretében vizsgáltuk a 0,01 M kalcium-kloridos kivonatban meghatározható szervetlen és szerves N és P frakciók szerepét jelentőségét a növények táplálásában.

A különböző N-frakciók: NO₃-N, NH₄-N, UV oxidálható szerves-N és az összes-N mérésére SKALAR San-System folyamatos elemző készüléket használtuk. A szerves-N frakció az összes oldható N és a szervetlen frakciók különbségéből adódik.

A nitrogén-frakciók mennyisége és aránya a TIM mintaanyagban

A szervetlen és szerves frakciók mennyiségi viszonyainak megállapítására az országos monitoring rendszerből (TIM adatbázis) összesen 633 mintában meghatároztuk 0,01 M kalcium-klorid extraháló-szerben oldható szervetlen és szerves nitrogén frakciók mennyiségét és arányát, hogy rámutassunk az organikus frakció jelentőségére.

Megállapítható, hogy az egyes N-frakciók abszolút értéke és százalékos aránya tág határok között változik. Az organikus-N frakció átlagosan 34 %-a az összes 0,01 M kalcium-kloridban oldható mennyiségnek, részaránya termőhelyenként változó, de semmiképpen nem elhanyagolható (40. táblázat).

40. táblázat: A 0,01 M kalcium-klorid kivonószertben oldható N- és P-frakciók mennyisége (mg/kg), és aránya (%); n = 633

	NO ₃ -N		NH ₄ -N		org-N		összes-N
	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg
Átlag	18,18	45,0	6,1	21,0	9,9	34,0	34,2
Maximum	247,00	94,6	100,0	75,2	58,0	87,2	285,0
Minimum	0,10	0,4	0,1	-1,0	0,2	0,3	2,8
Szórás	20,54	22,5	5,4	12,9	6,5	15,5	25,5
CV %	112,95	49,8	89,8	61,6	65,9	45,8	74,8

FKP jelentés (2000)

Nagy P.T. és Jászberényi (2002) talajérlelési kísérletekben igazolták a szerves frakciók mobilizálhatóságát.

A trágyázás hatása a szervetlen és szerves N- frakciók mennyiségi viszonyaira

A trágyázás hatását számos szabadföldi kísérletben vizsgáltuk, ezek közül néhányat közlünk, utalva a fontosabb megállapításokra és a publikációkra.

Martonvásár, Sarkadi János tartamkísérlete

Sarkadi János Martonvásáron 1955-56-ban állított be kísérletet karbonátos csernozjom talajon, az istállótrágya és műtrágya hatásának összehasonlítására.

Az 1990-ben vett minták vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy műtrágya és szerves trágyakezelésekkel összhangban álló szignifikáns különbségek mutathatók ki az egyes tápelem-frakciókban. A N frakciók a szerves és műtrágyázás hatására egyaránt szignifikánsan növekedtek. A szervetlen

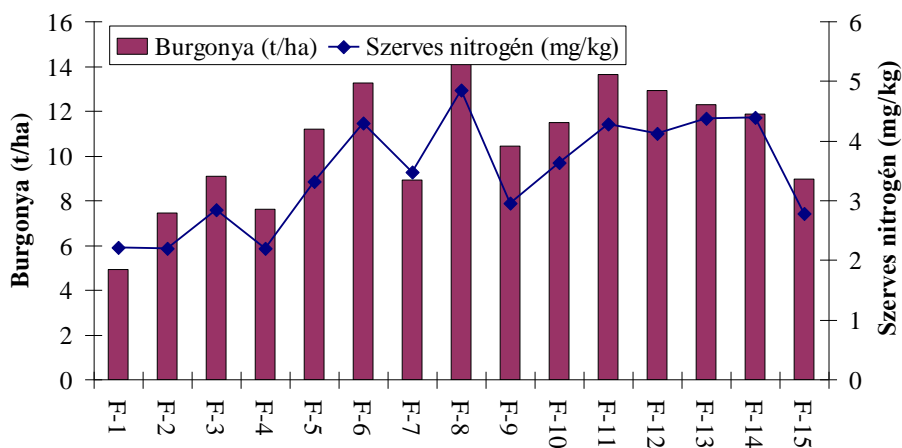
frakciókhoz hasonlóan a szerves frakciókban is kimutatható a műtrágyázás, illetve szerves trágyázás hatása. Az N_{org} frakció a nagyadagú műtrágya és szerves trágya kombinált kezelésben érte el a legnagyobb értéket.

A műtrágya és szerves trágyakezelések hatására jelentős terméshozadék alakult ki az évek során. A számított P és K mérlegegyenlegek, valamint a 0,01 M kalcium-kloridban meghatározott P és K frakciók között ugyancsak szoros szignifikáns összefüggés volt igazolható (Jászberényi-Loch-Sarkasdi, 1994).

Nyíregyháza, Westsik Vilmos tartamkísérlet

Az organikus N-frakció szerepét, jelentőségét Westsik Vilmos nyíregyházi tartam-kísérletében is igazoltuk (Lazányi-Loch-Jászberényi, 2002). A tartamkísérlet eredményeinek objektív értékelhetőségére az ismétlés nélküli parcellákon belül 9 mintateret jelöltünk ki. A mintateremből átlagmintákat vettünk a talajvizsgálathoz és a termést is ezekben mértük.

A különböző szerves trágya-kezelések hatásaként a burgonyatermés és az N_{org} frakció nagysága is jelentősen eltért az egyes forgókban (6. ábra). A két tényező között összefüggés-vizsgálatot végeztünk. A termés és az N_{org} frakció között fennálló szignifikáns kapcsolatot az bizonyítja, hogy az N_{org} frakció alkalmas az eltérő szerves trágya-kezelésekkel előidézett sokéves tartamhatások jelzésére.



6. ábra: A szerves N frakció kapcsolata a burgonyatermással, Westsik kísérlet
(Lazányi-Loch-Jászberényi, 2002)

A 0,01 M kalcium-kloridban oldható és az EUF szerves frakció kapcsolata Szolnok és Mezőhegyes térségében végzett összehasonlító kísérletek eredményei

Hazai és külföldi összehasonlító vizsgálatok egyaránt igazolják, hogy az EUF vizsgálattal meghatározott és a 0,01 M kalcium-kloridban oldható N_{org} frakció nagysága eltér, de közöttük szoros a kapcsolat.

A növekvő N-adagokkal beállított kísérletekben mindkét módszerrel kimutatható az organikus frakció növekedése. Az EUF N-összes frakció számszerűen nagyobb, mint a kalcium-kloridos összes frakció, de közöttük szignifikáns kapcsolat igazolható. A keszthelyi Georgikon Mezőgazdaságtudományi Karral folytatott együttműködés keretében a cukorrépa kísérletekben végzett összehasonlító mérések eredményeiről Kulcsár L. – Debreczeni K. – Jászberényi I. – Loch J. (1997) számoltak be.

Megállapítottuk, hogy a vizsgálati eredmények között fennálló szoros korrelációk alapján a 0,01 M kalcium-kloridban oldható N-frakciók az EUF módszerhez hasonlóan alkalmasak a talajok N-ellátottságának jellemzésére. A pozitív tapasztalatok alapján javasoltuk a módszer bevezetését a hazai cukorrépa trágyázási szaktanácsadásban.

Tápelem-hiány tartamkísérlet Berlin Thyrow

A Humboldt Egyetem, Berlin Növénytermesztési Intézettől kapott talaj- és növénymintákban hagyományos módszerekkel és 0,01 M kalcium-klorid talajkivonat-ban vizsgáltuk a közel 60 éves kezelések hatásait (41. táblázat).

A tartamkísérletet 1937-ben K. OPITZ állította be, a kezeléseket nem változtatták. Hatásukra jelentős különbségek alakultak ki a talaj kémhatásában és a termésben. Az istállótrágya önmagában nem tudta tartósan megvédeni a kis humusztartalmú homoktalajt az elsavanyodástól. Az ásványi trágyák és a szerves trágya egyaránt növelték a termést. Legnagyobb termés a kalcium-karbonáttal kiegészített ásványi trágyák és szerves trágya-kezelés kombinációban alakult ki.

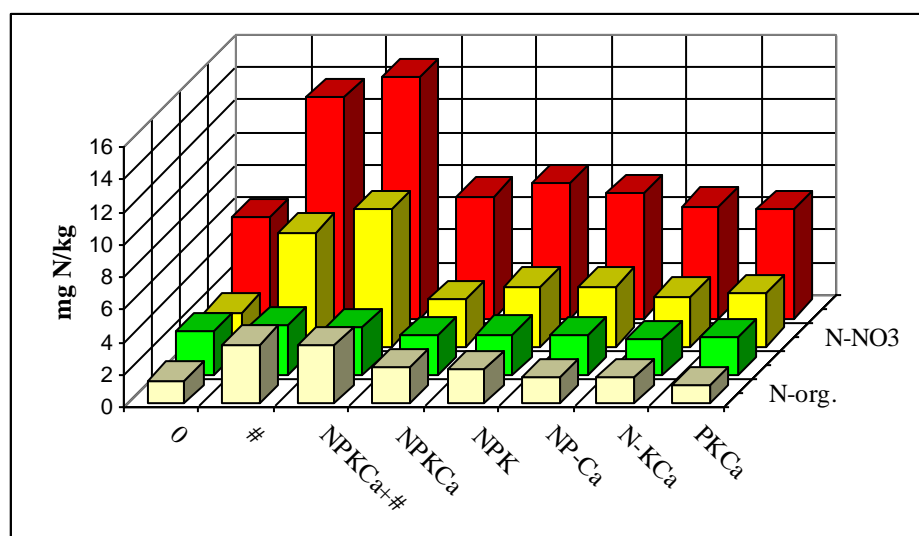
41. táblázat: Tápelem-hiánykísérlet Berlin Thyrow (1994) szemtermés és a kémhatásviszonyok alakulása

Kezelések	pH-CaCl ₂	szemtermés t/ha	
∅	trágyázatlan kontroll	4,0	-
#	istállótrágya	4,2	0,32
NPKCa+#	Istállótrágya+NPK+CaCO ₃	5,5	2,40
NPKCa	NPK+CaCO ₃	5,6	1,02
NPK-	NPK	4,1	0,07
NP-Ca	NP+ CaCO ₃	5,2	0,21
N-KCa	NK+ CaCO ₃	5,6	0,73
-PKCa	PK+ CaCO ₃	5,9	0,19

Loch – Kiss – Jászberényi – Vágó (1997)

A 7. ábrán a N-frakciók alakulását mutatjuk be a feltalaj-mintákban. Megállapítható, hogy az összes oldható N és a NO₃-N mennyisége valamennyi N-kezelésben meghaladja a trágyázatlan kontroll értékét. A két frakciómennyisége legnagyobb az istállótrágya + NPKCa kezelésben, mely a maximális termést adta. Az N-org frakció a szerves trágya és az NPKCa + # kezelésben volt a legnagyobb.

A tartamkísérlet eredményeinek bemutatását azért tartjuk fontosnak, mivel a nyírlugosi kísérlethez hasonlóan igazolják, hogy a termékenység fenntartásához, savanyú homoktalajon a kiegyensúlyozott NPK ellátáson kívül a kémhatás javítása is szükséges. A közölt adatok általában is figyelemre méltóak kis pufferkapacitású homoktalajaink elsavanyodásának veszélye miatt (Loch-Kiss-Jászberényi-Vágó, 1997).



7. ábra: 0,01 M kalcium-klorid oldható N-frakciók, Berlin-Thyrow tartamkísérlet (Loch – Kiss - Jászberényi – Vágó 1997)

Trágyázási és öntözési tartamkísérlet Debrecen- Látókép

Alföldi mészlepedékes csernozjom talajon létesített vetésforgó, trágyázási és öntözési tartamkísérlet 20. évében vizsgáltuk a kezelések hatását a 0,01 M kalcium-kloridban mérhető N-frakciók alakulására, kukorica monokultúrában (Berényi S.- Bertáné Szabó E. – Pepó P. – Loch J. 2009).

A Debreceni Egyetem Látóképi kísérleti telepén Ruzsányi László által beállított kísérlet parcelláiban 2,0 m mélységig 20 centiméterenként vett mintákban határoztuk meg a 0,01 M CaCl₂-ban oldható NO₃-N, NH₄-N, N_{org}- és N_{össz}-tartalmat. Ebben a kísérletben is beigazolódott, hogy a kalcium-kloridban mért N-frakciókkal jól nyomon követhető a kezelések hatása. Valamennyi frakció szignifikánsan növekedett a N-trágyázás hatására. A kísérletben alkalmazott legnagyobb, nem hasznosuló N-adag (240 kg N·ha⁻¹) jelentős felhalmozódást okozott a talajszelvényben, melyet az összes N-tartalom érzékenyen jelzett.

A NO₃-N mélységi eloszlása jól jellemzi az öntözött és öntözetlen körülmények között tapasztalható eltérő kimosódási viszonyokat. Az öntözetlen parcellákon 200 cm-nél mértük a legnagyobb NO₃-N értéket. Az öntözött parcellák NO₃-N tartalma kevesebb, mint fele az öntözetlenének, és a felhalmozódási maximum mélyebbre tehető.

Az Norg mennyisége is kimutathatóan növekszik a trágyázás hatására, ami a könnyen ásványosodó tartalékok felhalmozódását jelzi. Jelentőségét a frakció 13–40%-os aránya bizonyítja.

OMTK kísérlet Karcag

A karcagi OMTK kísérlet B1740-es változatában réti csernozjom talajon vizsgáltuk az NPK trágyázás hatását az őszi búza termésére és a 0,01 M kalcium-kloridban oldható különböző N formák mennyiségére, arányaira. (BERTÁNÉ SZABÓ E. – LOCH J. – ZSIGRAI GY. – BLASKÓ L. 2010).

Az NP trágyázás szignifikánsan növelte a búza termését. A 200 kg/ha-os N adag mellett a P trágyázás több mint 2 t/ha termésvövedéket okozott. A K trágyázásnak a korábbi évekhez hasonlóan nem volt hatása a termésre. A CaCl₂-N formák jól jelezték a trágyázás hatását. Minden frakció, de különösen a NO₃-N és N_{össz} szignifikánsan nőtt a N trágyázás hatására.

A NO₃-N és N_{össz} valamint a N mérlegek között ($r = 0,87-0,88$) szoros összefüggést mutattunk ki, ami azt jelenti, hogy a NO₃-N és N_{össz} frakciók alkalmasak mind a N hiány, mind a N többlet kimutatására. Az NH₄-N frakció és a N mérleg között közepesen szoros korreláció ($r = 0,65$) igazolható. Az N_{org} frakció szignifikánsan nőtt a NP trágyázás hatására, a nagyobb termés után több könnyen oxidálható N maradt vissza a talajban. Az N_{org} frakció és a termés között is szignifikáns korreláció ($r = 0,55$) mutatható ki. A kapott eredmények megerősítik, hogy az N_{org} frakció alkalmas a könnyen hozzáférhető N tartalékok jellemzésére.

A 0,01 M CaCl₂-os N formák és az agronómiai N mérleg közötti kapcsolat bebizonyította, hogy a módszer alkalmas a talaj N-ellátottságának jellemzésére. Az N_{org} frakció a könnyen mobilizálódó nitrogén tartalékokat tartalmazza, melyeket célszerű a N-szükséglet meghatározásánál figyelembe venni. Az Nössz frakció a szerves és a könnyen mobilizálható szerves frakciók együttes mennyiségét jelzi. A bemutatott kísérleti eredmények alapján a kalcium-kloridos módszer ajánlható a nitrogénszükséglet pontosabb becslésére.

Nyírlugosi tartamkísérlet

A nitrogéntrágyázás hatása a talaj N-frakcióira a nyírlugosi kísérletben

Az 1998 évi mintavétel során valamennyi kezelés minden ismétléséből mintát vettünk 0-20, 20-40 és 40-60 cm-es rétegből, összesen 374 mintát elemeztünk. A 0,01 M kalcium-kloridos talajkivonatokban meghatároztuk a NO₃-N, NH₄-N és N-org tartalmat. A kezeléshatásokat a négy ismétlés átlagában mutatjuk be, grafikusán. Az x tengely alatt feltüntetett kezelés kódok az egyes elemek adagját jelzik a kezeléskombinációkban. (Ábrák a szöveget követően).

Az 1, 2, 3 kódszámoknak megfelelő éves adagok:

N = 50, 100, 150 kg/ha N

P = 60, 120, 180 kg/ha P₂O₅

K = 60, 120, 180 kg/ha K₂O

Ca = 100, 200, 400 kg/ha Ca

Mg = 40, 80 kg/ha Mg

Előre kell bocsátanunk, hogy a bemutatásra kerülő frakciók nagyságát az alkalmazott N-dózisokon kívül azok hasznosulása, a természetben való akkumulációjuk is módosította, emiatt az egyes kezeléskombinációkban különbségek alakulhattak ki. A NO₃-N frakció nagyságát pedig jelentősen módosíthatta a kimosódás. A 8, 9, 10. ábrák az egyes N frakciók összegét és mennyiségük arányát demonstrálják a 0-20, 20-40 és 40-60 cm-es rétegben, míg az 6. ábrán a 0-60 cm-es szelvény átlagértékeit mutatjuk be. Az ábrák jól szemléltetik a három frakció összegéből adódó 0,01 M kalcium-kloridban oldható összes N készletet, melyet az egyes frakciók sorrendjében tárgyalunk.

A növekvő N-adagok hatása az NH₄-N frakció nagyságára és szelvénybeli eloszlására

N = 0

Megfigyelhető, hogy az NH₄-N mennyisége valamennyi rétegben és így a 60cm átlagában is minimális a N-trágyázásban nem részesült kezelésekben, átlagértéke 0,2 mg/kg N.

N = 50

A nagyobb N-adag hatására növekszik az NH₄-N mennyisége valamennyi rétegben és így a 60cm átlagában is. Megfigyelhető azonban, hogy a mélyebb rétegekben, a kedvezőtlenebb nitrifikációs viszonyok következtében egyre több NH₄-N halmozódik. Mennyisége átlagosan, mintegy 0,8 mg/kg.

N = 100

A N-adag további növekedésére tovább növekszik az NH₄-N frakció nagysága, a növekedés a különböző kezeléskombinációkban eltérő. A különbségek leginkább a három réteg átlagában szembetűnők. A Ca nélküli kezelésekben 1,5-3,0 mg/kg tartományban változik az NH₄-N mennyisége, ezen belül a növekvő P-adagok mellett egyre nagyobb: 1,4; 2,5; 2,9 mg/kg. Ennél is jelentősebb különbségek figyelhetők meg a növekvő kalcium-karbonát adagokkal kezelt parcellák mintáiban. A három rétegben átlagosan 1,0; 3,8; 6,0 mg/kg NH₄-N halmozódott fel az évek során. Ezt a megfigyelést a növekvő kalcium-karbonát adagok hatására bekövetkezett pH változással magyarázzuk.

N = 150

A legnagyobb N-adagú kezelésekben a kalcium-karbonát nélküli kisebb N-kezelésekhez képest észlelhető a NH₄-N mennyiségének növekedése a szelvény átlagában.

Összegzés:

- A növekvő N-dózisok növelték az NH₄-készletet a vizsgált 0-60 cm-es rétegében.
- A mélyebb rétegekben, ahol kedvezőtlenebbek a nitrifikációs viszonyok nagyobb mennyiségek halmozódtak fel.
- A kalcium-karbonát nélküli kezelésekben a növekvő P-adagok mellett észlelhető egyre nagyobb NH₄-felhalmozódás.
- A legnagyobb NH₄-felhalmozódás a kalcium-karbonáttal kiegészített kezelés-kombinációkban jött létre, ami a pH emelkedéssel hozható összefüggésbe.

A növekvő N-adagok hatása az NO₃-N frakció nagyságára és szelvénybeli eloszlására

N = 0

A NO₃-N mennyisége a N-trágyázásban nem részesült kezelésekben, a 0-60 cm-es szelvény átlagában 2,0 mg/kg N. A 0-20 cm-es rétegben, ennél valamivel nagyobb 2,5-2,8, megközelíti a 3,0 mg/kg értéket. A frakció nagysága a mélységgel csökken a 20-40 cm-es rétegben mintegy 2,0, a 40-60 cm-es rétegben 1,5 mg/kg

N = 50

A NO₃-N mennyisége a legkisebb N adaggal kezelt parcellákban a három réteg átlagában alig haladja meg a nem trágyázott parcellák értékét, átlagosan 2,8 mg/kg, de legkisebb az NPK kombinációban, ahol jobban hasznosult, 2,1 mg/kg; a mélységgel csökken.

N = 100

A NO₃-N mennyisége a feltalajban általában 3,0 – 4,0 mg/kg között ingadozik a különböző kezeléskombinációkban, esetenként ennél kisebb, ez különösen a Ca-al kiegészített NPK kezeléseknél figyelhető meg, ahol jobban hasznosult. Az ingadozás a három réteg átlagában is észlelhető 2,1 – 3,0 mg/kg között változik. A NO₃-N mennyisége a szelvényben lefelé haladva csökkenő.

N = 150

Ebben a kezelésben mutathatók ki a legnagyobb a NO₃-N értékek. A feltalajban 5,6 – 7,0 mg/kg, a három réteg átlagában, mintegy 4,2 mg/kg. Ebben a kezelésben is csökken a szelvény mélységével a nitrát nitrogén mennyisége.

Összegzés:

- A növekvő N-dózisok növelték a NO₃-N mennyiségét a vizsgált 0-60 cm-es talajrétegben.
- A 100 kg/ha N-adagú kezeléskombinációkban jelentős ingadozás figyelhető meg, amely a N érvényesülésével, a termésben akkumulált N mennyiségével hozható összefüggésbe. A nagyobb termések több nitrogént vontak el a talajból.
- A NO₃-N tartalom a mélységgel csökkenő tendenciájú.

A növekvő N-adagok hatása az N-org frakció nagyságára és szelvénybeli eloszlására

N = 0

A nitrogéntrágyázásban nem részesült minták feltalajában az N-org frakció, nagysága átlagban 3,6 mg/kg, P,K kiegészítéssel átlagosan 4,0 mg/kg. A frakció nagysága a mélységgel csökken. A csökkenés a 20-40cm-es rétegben kisebb, a 40-60 cm-es rétegben nagyobb, a mért értékek 2,0 mg/kg-nál kisebbek.

N = 50

A legkisebb N-adag hatására nem következett be jelentős változás.

N = 100

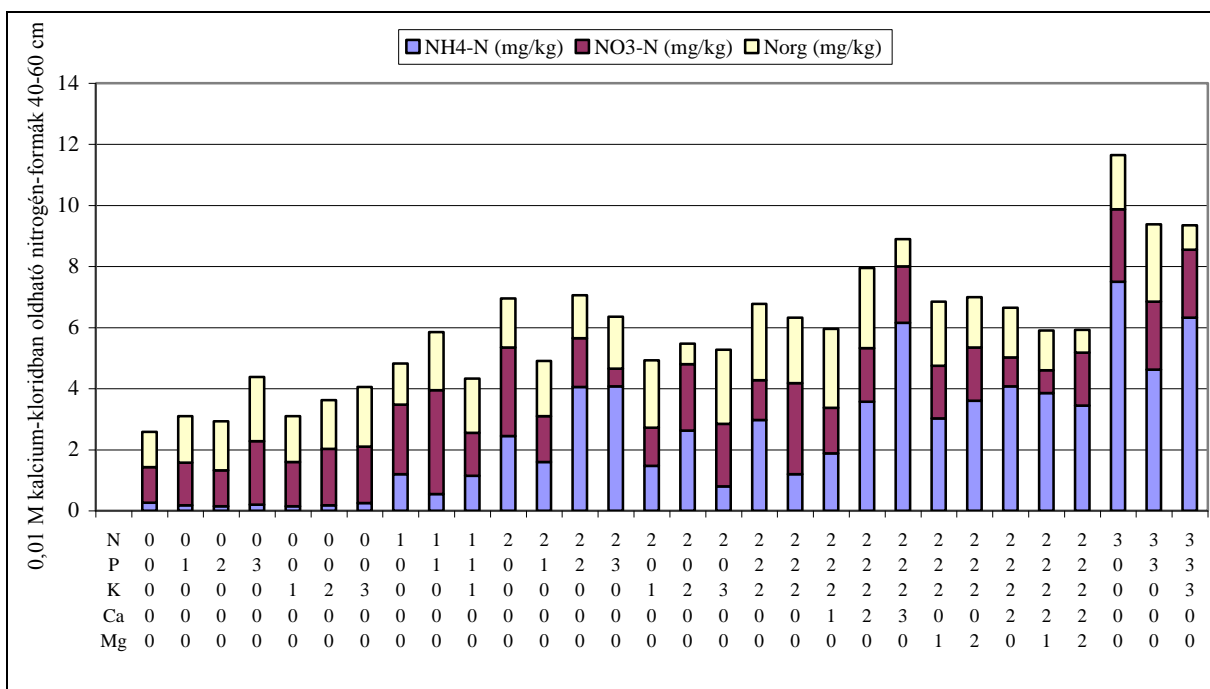
Ebben a kezeléseknél differenciáltan mutatkozik meg az egyes kezeléskombinációkban a N-trágyázás hatása. A feltalajban általában 4-5 mg/kg tartományban változik, a három réteg átlagában 3,0 – 3,8 mg/kg között változik, a 40-60 cm-es rétegben mintegy 1,5 mg/kg.

N = 150

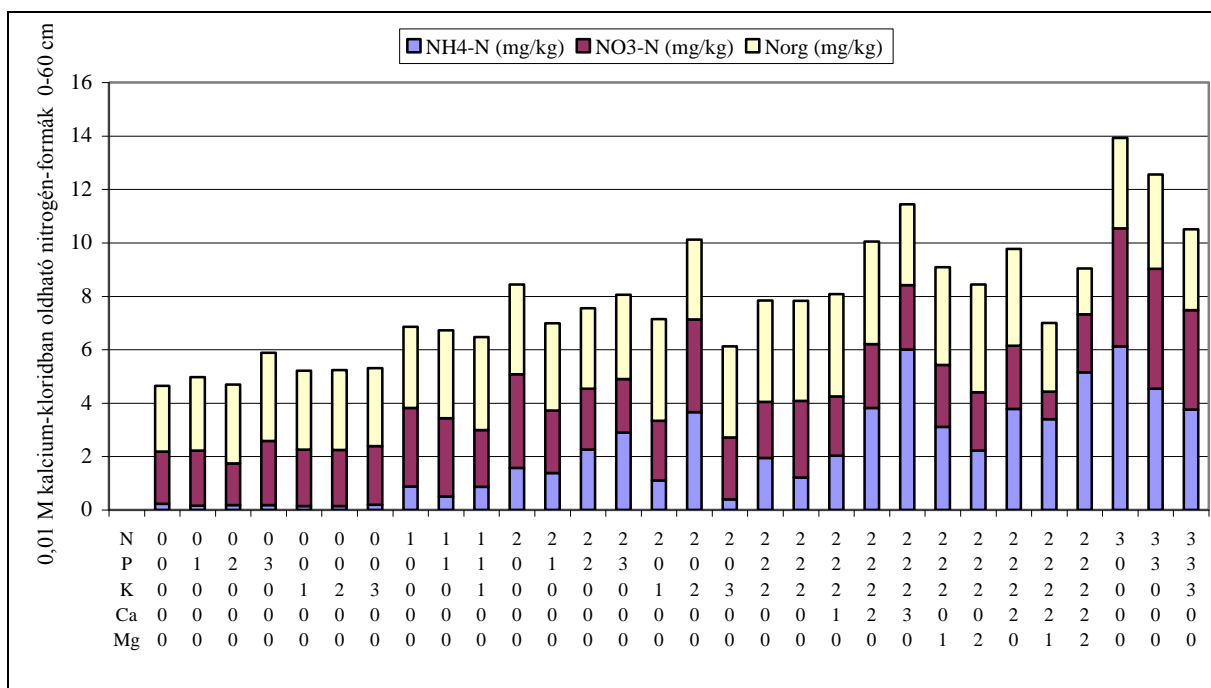
A feltalajban az N-org frakció nagysága átlagosan 4,3 mg/kg, a három réteg átlagában 3,3 mg/kg. A 40-60 cm-es rétegben 1,5 mg/kg.

Összegzés:

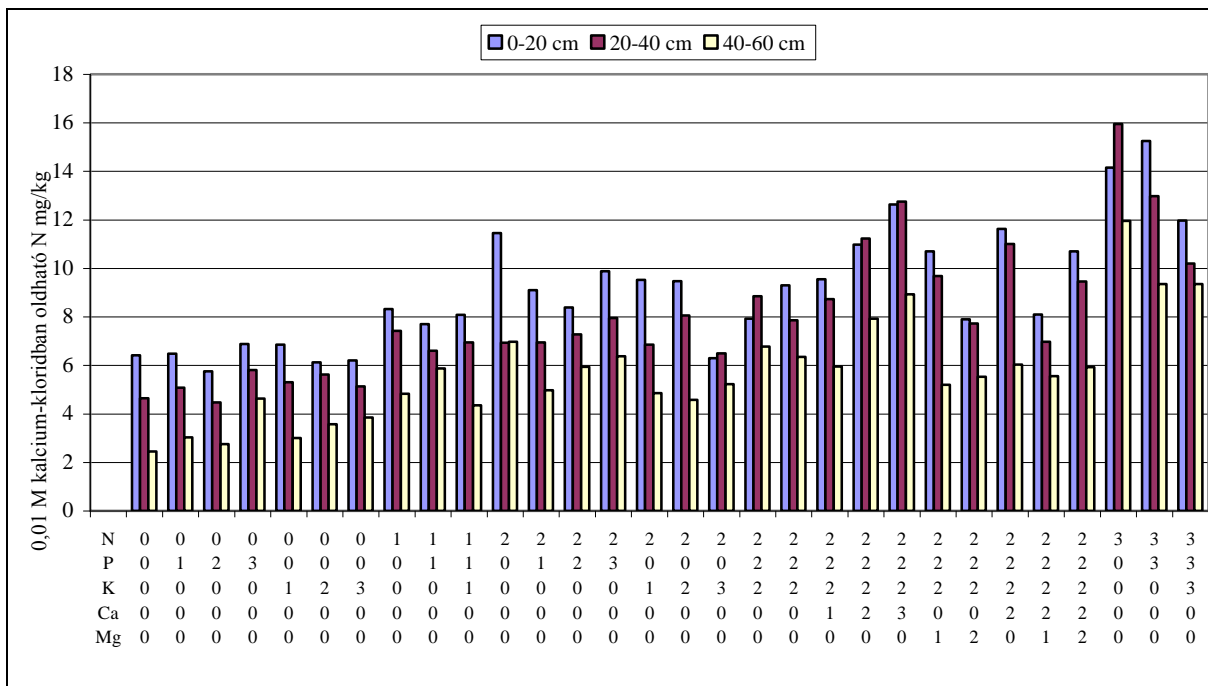
- A N-trágyázás a szerves frakcióktól eltérően csak mérsékelten növelte a szerves frakció nagyságát.
- A könnyen oldható és oxidálható frakció nagysága a 0-20 és a 20-40 cm-es rétegekben számottevő, a 40-60 cm-es rétegben több mint felére csökken.
- Az N-org frakció nagysága is ingadozik a különböző kezeléskombinációkban, ezek termésre gyakorolt hatástól, illetve a visszamaradt gyökér- és taló-maradványoktól függően.
- Az ábrákból az is kitűnik, hogy az organikus frakció, még a homoktalajon is, melyen a levegős viszonyok a szerves anyag lebomlásának kedveznek, átlagban mintegy egyharmadát képezik a 0,01 M kalcium-kloridban oldható nitrogénnek.



10. ábra: A 0,01 M kalcium-kloridban oldható N formák mg/kg N (40-60 cm)



11. ábra: A 0,01 M kalcium-kloridban oldható N formák átlagai mg/kg N (0-60 cm)



12.ábra: A 0,01 M kalcium-kloridban oldható összes szervetlen + szerves frakciók N mg/kg

A foszfor- és káliumtrágyázás hatásai

A foszfor- és káliumtrágyázás tartamhatásait az ammónium-laktát-ecetsav (AL) talaj-kivonószerben meghatározott, P₂O₅ illetve, K₂O mg/kg értékben kifejezett foszfor-, illetve kálium- tartalom alapján mutatjuk be (13. és 14. ábra)

Az AL-oldható foszfor-tartalom változása

A nitrogéntrágyázás nélküli (N=0) növekvő P kezelések hatására a foszfor értékek ugrásszerű növekedése figyelhető meg, míg P trágyázás nélkül kezelésekben az abszolút kontroll szintjén maradtak. A nagy növekedés annak tulajdonítható, hogy a foszfor nitrogén hiányában nem tudott érvényesülni, felhalmozódott.

A kis nitrogén adaggal kombinált kezelésekben (N=50) a növekvő P kezelések hatására mérsékelt növekedés figyelhető meg. Ezzel szemben a nagyobb (N=100) kezelésben ismét ugrásszerű növekedés lépett fel, különösen a K, Ca, Mg nélküli kezelésekben, ahol az utóbbi elemek hiányában nem tudott hasznosulni, felhalmozódott. A többi kezelésben kimutatható növekedés esetében azt kell feltételeznünk, hogy a Ca-al és Mg-mal kiegészített nagyobb NPK kezelések hatására a nagyobb termésekből több tarló- és gyökérmaradvány maradt vissza, melyek élénkítették a talajéletet és a biológiai feltáródást a talajban. A harmonikus tápanyagellátás kedvező hatását a termésre a korábbi elemzések már igazolták.

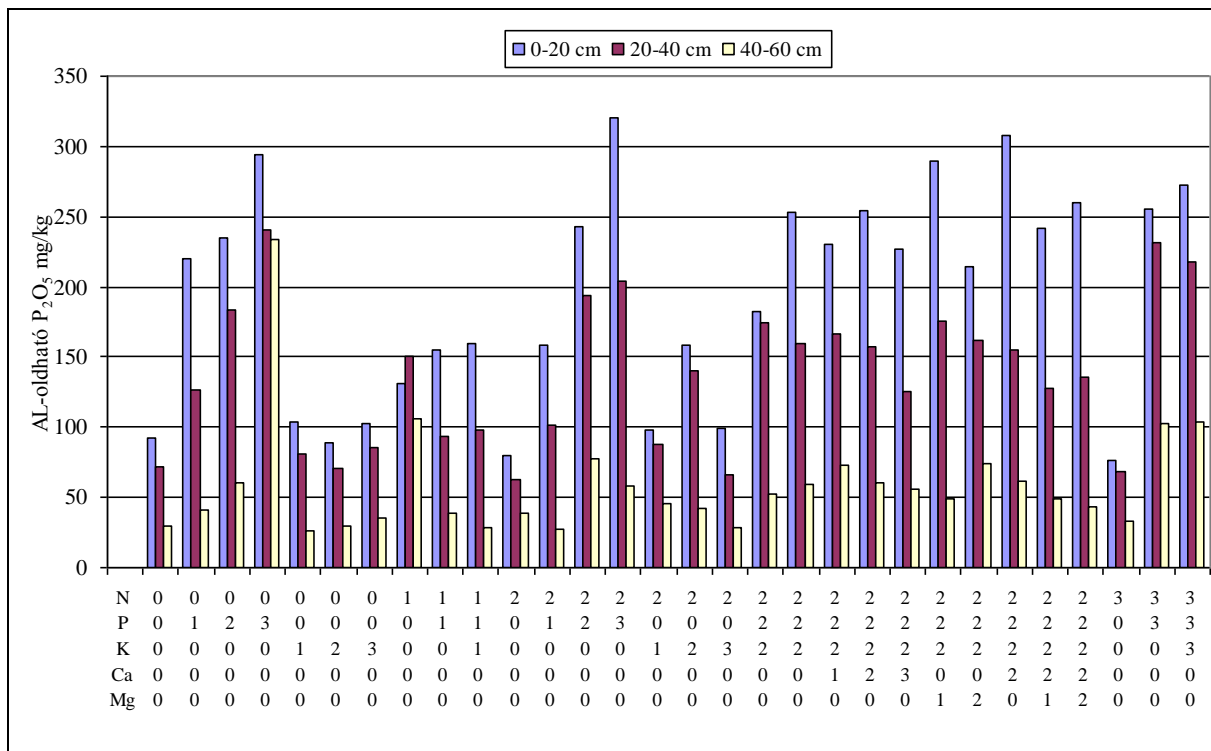
A bemutatott eredmények alapján megállapítható, hogy a talajban kialakult foszfor ellátottság mértékét, - mely az AL-értékek alapján jellemezhető - a foszfortrágyázás adagjain kívül a tápanyagellátás kiegyensúlyozottsága befolyásolta jelentősen. A foszfor szelvénybeli eloszlását a mélyebb rétegek csökkenő értékei jellemzik, miközben a feltalaj alatti 20-40 cm-es rétegben is jelentős a P felhalmozódás. A foszfortrágyázás hatására a P-ellátottság a kezdeti közepes szintről a jó ellátottság szintjére emelkedett, a 200 mg/kg értékek túlzott ellátottságra utalnak.

Az AL-oldható kálium-tartalom változása

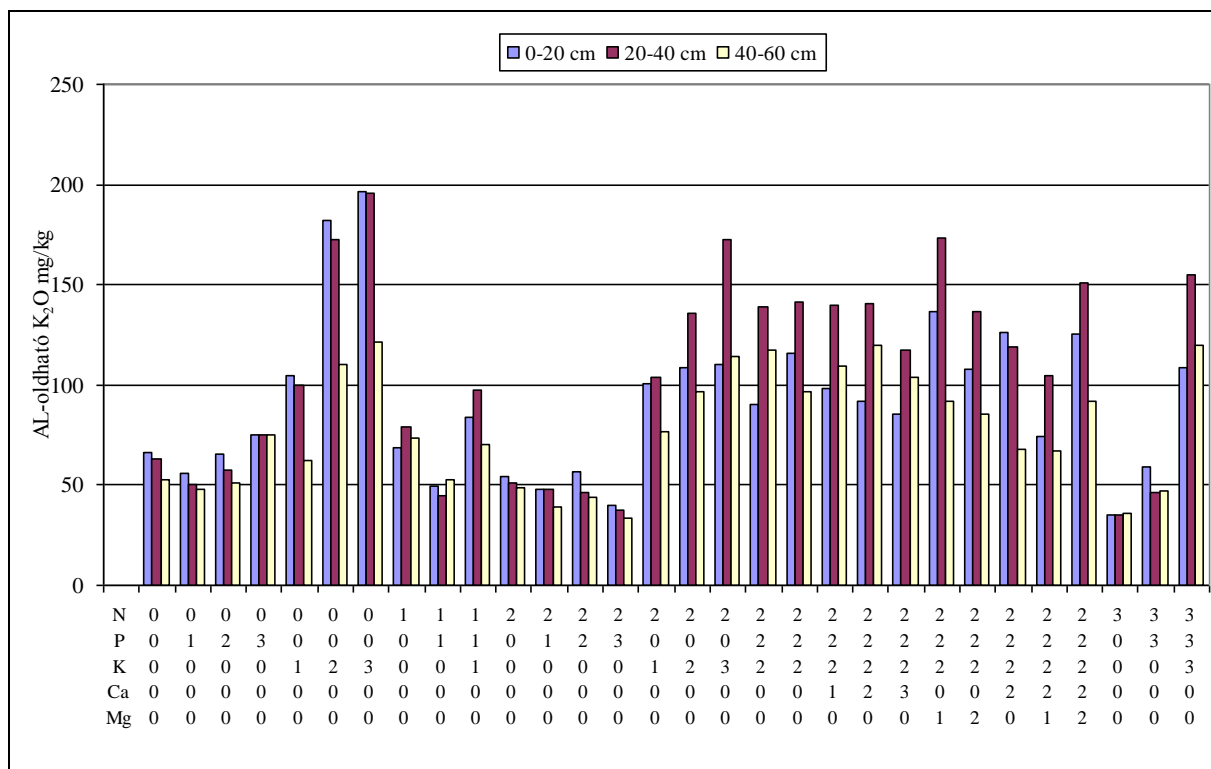
A kálium értékek alakulásában hasonló tendenciák figyelhetők meg, mint a foszfor esetében. Legnagyobb a kálium felhalmozódás, az N=0 és P=0 kezelésekben, ahol nem tudott hasznosulni. Az NPK kezeléskombinációban, melyekben a jobb hasznosulás feltételezhető, mérsékelt növekedés jött létre. A

legnagyobb K-kezelésekben kialakult mintegy 150 mg/kg K₂O értékek a homoktalajon jó ellátottságnak felelnek meg.

Figyelemre méltó a kálium mélységi eloszlása. A kezelések egy részében a 0-20 cm-es rétegben mért kálium értékek közel azonosak a 20-40 cm-es réteggel, számos esetben a második rétegben valamivel nagyobbak, ami K-lemosódásra utal.



13. ábra: AL-P értékek mg/kg P₂O₅



14. ábra: AL-K értékek, K₂O mg/kg

A Ca- és Mg-pótlás hatása a talaj paraméterekre

A kezelések hatása a talaj oldható Mg tartalmára

A diagramokon az ammónium-laktát-ecetsavban és a 0,01 M kalcium-kloridban oldható Mg értékeket a mutatjuk be (AL-Mg és CaCl₂-Mg ; 15. és 16. ábra), egyben rámutatunk a két módszer eltérő használhatóságára. Korábbi összehasonlító vizsgálataink szerint (Loch 1967, 1983), a semleges 0,01 M kalcium-kloridban oldható, kicserélhető Mg mennyisége karbonátmentes, savanyú homoktalajon az ammónium-laktát-ecetsav talajkivonatban mérhető Mg-tartalommal azonos nagyságrendű. Karbonátos talajon viszont az AL-Mg értékek lényegesen nagyobbak, mivel az ammónium-laktát-ecetsav bontja a karbonátokat és így a karbonátokban jelenlévő magnéziumot is kimutatja.

A grafikonok jól szemléltetik, hogy a kalcium és magnézium nélküli NPK kezelésekben, a 0-20cm-es rétegben a magnéziumtartalom mindkét módszerrel kevés, a kritikus 5 mg/kg alatti, és a 40-60cm-es rétegben is csak egy két esetben éri el a 10 mg/kg értéket. Figyelemre méltó, hogy a legnagyobb N-adagok kezeléseiben, ezek savanyító hatása következtében legkisebb a feltalajban a magnéziumtartalom, de a mélyebb rétegekben is kevés.

Jól látható, hogy a magnéziumtartalom a feltalajban jelentősen növekedett a magnéziummal kiegészített kezeléskombinációkban, ezt mindkét módszer jelzi, de eltérő mértékben. A kalcium nélküli (Ca-0, Mg-2) kezelésben az AL-Mg tartalom eléri 50 mg/kg értéket, a nagyobb kalcium (Ca-2, Mg-2) kezelésben a 100 mg/kg értéket (az ábrán csak 40 mg/kg értékig ábrázolva). Az AL érték jelzi a dolomittal (CaCO₃.MgCO₃) kijuttatott Mg mennyiségét is. A CaCl₂-Mg értékek is jelzik a növekedést, de kisebb mértékben.

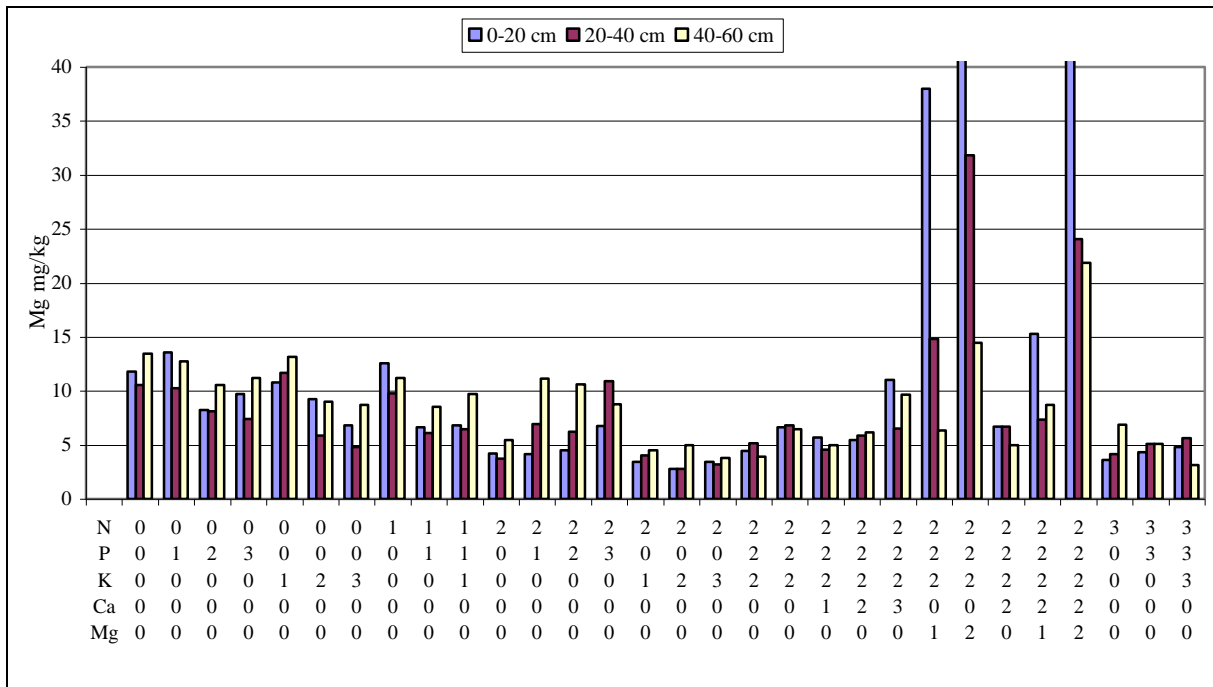
Mindkét módszer a magnéziumtartalom növekedését jelzi a többi NPK kombinációhoz képest a (Ca-3, Mg-0) magnézium nélküli kezeléskombinációban is. A magnéziummal kezelt parcellákhoz képest kisebb értékű emelkedés azt bizonyítja, hogy a kalciumpótlásra használt mészkőpor is tartalmazott magnéziumot.

A kalcium kezelések hatása az AL-Ca értékekre

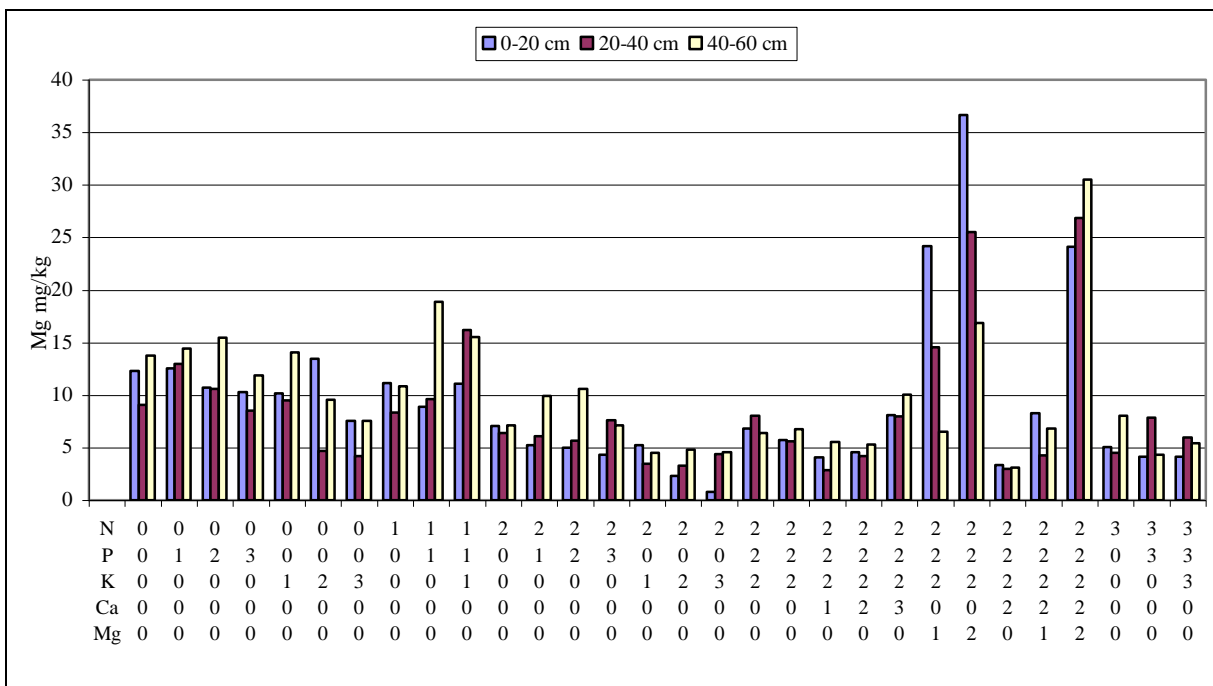
Az AL-Ca és számos alakulását a 17. ábrán mutatjuk be. Megfigyelhető, hogy az abszolút kontrollban és számos Ca és Mg nélküli kezelésben az AL-Ca érték kisebbek 150 mg/kg-nál. Kivételt képeznek az N-0 P-1, P-2, P-3 NP kezelések, melyekben a foszfor-trágyázáshoz használt szuperfoszfát Ca tartalma következtében növekedés tapasztalható. Ezekben a kezelésekből az AL-Ca tartalom eléri a növények Ca ellátása szempontjából kritikusnak tekinthető 200 mg/kg-ot.

Az N-2 P-1, P-2, P-3 kombinációkban is megfigyelhető az említett szuperfoszfát-hatás, azonban mérsékelten, az AL-Ca értékek legfeljebb 160 mg/kg határig növekszenek. A nitrogén trágyázás növekvő adagjainak savanyító hatása a legszembetűnőbb az N-3 alapú kezeléskombinációkban, ezekben a legkisebbek az AL-Ca értékek.

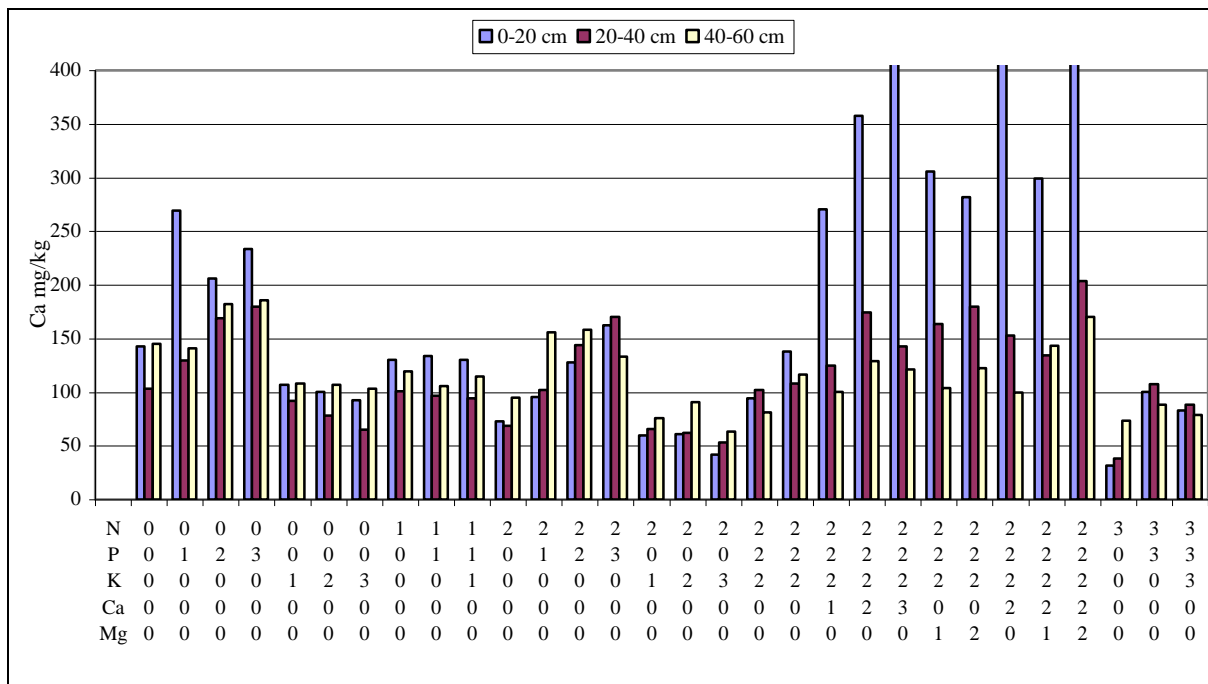
A Ca és Mg adagokkal kombinált NPK kezelésekben az AL-Ca értékek jelentősen meghaladják a kritikus határértéket, elérik az 1000 mg/kg értéket (a diagramon csak 400mg-ig ábrázolva, hogy a kisebb értékek közötti különbségek érzékelhetőek legyenek).



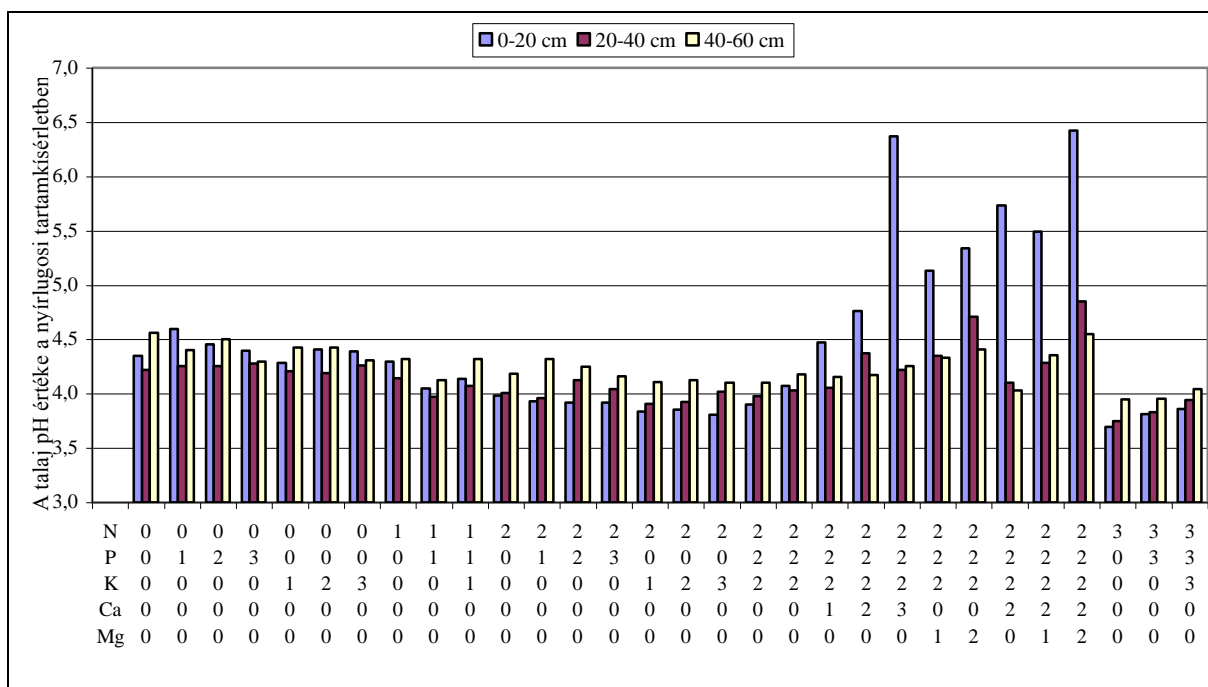
15. ábra: AL oldható Mg mg/kg



16. ábra: 0,01 M CaCl₂ oldható Mg mg/kg



17. ábra: AL-odható Ca mg/kg



18. ábra: A kezelések hatása a talaj pH (KCl) értékére

A kezelések hatása a talaj pH (KCl) értékére

A kezeléskombinációk hatását a kísérleti parcellák kémhatására a 18. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy a pH értéke a Ca és Mg nélküli kezelések feltalajában általában 4,0 és 4,5 között változik, a harmadik rétegben többnyire valamivel nagyobb, de mindenképp alacsony. A pH 5,0 alatti kémhatástartomány homoktalajokon veszélyezteti a talajok termékenységét, a tápelemek érvényesülését, fokozódik a toxikus elemek oldódása. pH 4,3 alatt toxikus mennyiségű alumínium oldódhat.

A pH értékek alakulása a különböző kezeléskombinációkban hasonlóságot mutat az AL-Ca értékekkel. Ennek az az oka, hogy minél erősebb a kilúgzás, annál kisebb a Ca tartalom és fokozódik a savanyúság, egyre nagyobb lesz a H⁺-ion koncentráció, csökken a pH értéke.

A trágyázatlan kontroll és a N-nélküli kezelések feltalajában a pH (KCl) értéke 4,3-4,5 között változik. A növekvő N-adagok Ca és Mg kiegészítés nélkül savanyítják a talajt, a pH értéke csökken. Az N-1 kezeléskombinációkban 4,2, az N-2 kombinációkban, átlagban 3,9, az N-3 alapú kezeléskombinációkban: 3,7-3,8 a pH értéke. Az azonos szintű N-ellátásban részesült NPK kezelések között minimális eltérések figyelhetők meg, meghatározóak a N-adagok.

A kalcium-karbonát adagokkal kiegészített NPK kezelésekben fokozatosan emelkedik a pH érték a feltalajban, az N-2, P-2, K-2 + Ca-1, Ca-2, Ca-3 kezelésben rendre 4,5; 4,7; 6,4. A dolomit kiegészítések hatására 5,1, illetve 5,3 pH alakult ki. A Ca-2 Mg-2 kezelésben ugyancsak 6,4-re emelkedett a pH értéke. Homoktalajon általában az 5,5 pH értéket tartják optimálisnak, ezért az N-2 Ca-3 és a Ca-2 Mg-2 kezelés túlzottnak tűnik. A pH emelkedésével a mikroelemek felvehetősége csökken.

Összegzés:

- A bemutatott kísérleti eredmények igazolják, hogy a növekvő N-adagok fokozzák a talaj savanyúságát, ezért különösen a savanyodásra hajlamos, kis puffer-kapacitású homoktalajokon, melyeken a kimosódás veszélye is fokozottabban fennáll, kerülni kell a N-felesleget.
- A kilúgozásra hajlamos, környezetileg érzékeny, kolloidban szegény homok- talajokon a kalcium és magnézium tápelemek mennyisége is erősen lecsökken, hiányuk terméskorlátozó tényezővé válik.
- A Nyírség humuszban és tápanyagokban szegény savanyú homoktalajain elsősorban a kémhatásviszonyok rendezése szükséges, de szükség lehet a magnézium pótlására is.
- A növekvő NPK kezelésektől csak megfelelő Ca és Mg kiegészítéssel várható nagy termés.

A talajvizsgálati eredmények összefoglaló értékelése

Az előzőleg részletesen bemutatott talajvizsgálatok értékeléséhez be kell mutatnunk a talaj jellemzésére született korábbi vizsgálatok adatait.

KÁDÁR ÉS SZEMES (1994): *A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve* című munkájukban közlik a kísérlet talajának jellemzését Láng (1973) nyomán. E szerint „a kísérlet talaja eredetileg közepesen savanyú, humuszban szegény durva homok, mely felvehető foszforral, káliummal közepesen, gyengén ellátott. A CV értékek arról tanúskodnak, hogy a terület talajának heterogenitása főként az N, P, K tápanyagkészletet tekintve kifejezett, 30% körüli”. Megállapításuk a 6. táblázat adatain nyugszik.

42. táblázat: A nyírlugosi kísérleti terület talajának agrokémiai jellemzése
Láng (1973) nyomán

Vizsgálat megnevezése	Min.	Max.	Átlag	CV%
pH (H ₂ O)	5,2	6,5	5,8	5,4
pH (KCl)	4,4	4,9	4,6	2,9
hydrolitos aciditás	5,9	10,8	8,1	19,0
hy ₁	0,21	0,43	0,27	18,6
AL-P ₂ O ₅ mg/kg	20	66	43	27,7
AL-K ₂ O	20	100	52	33,8
Összes-N mg/100g	20,6	48,0	32,8	28,6
Humusz %	0,41	0,87	0,58	15,2

Forrás: Kádár és Szemes (1994)

A kis humusz és összes-N tartalom gyenge N-ellátottságot jeleznek. Az AL-P és AL-K átlagértékei mérsékeltek. A pH (KCl) és pH (H₂O) közötti különbség és a hydrolitos aciditás értékek egyaránt azt bizonyítják, hogy a terület talaja a kísérlet indításakor is erősen savanyú kémhatású volt, kalcium-karbonát pótlásra szorult. További vizsgálatok a talajok kis adszorpciós kapacitásáról, viszonylag kis adszorbeált Ca és Mg mennyiségről, nagy telítetlenségről tanúskodnak. KOZÁK és munkatársai (1983) vizsgálatai a talaj gyenge Mg-ellátottságára utalnak.

Fenti vizsgálati eredményekből kiindulva megállapítható, hogy a nyírlugosi kísérletben a kezelések hatására jelentős változások következtek be.

A *N-trágyázás* hatására az adagok arányában számottevő mértékben növekedett a vizsgált talajrétegek N-tartalma, ami leginkább a vizsgált N-frakciók összegében, a 0,01 M kalcium-kloridban oldható összes N-tartalom változásában jut kifejezésre (12. ábra). Az összes N mennyisége három frakcióból áll: a szervesetlen NO₃-N és NH₄-N, valamint a könnyen oldható, könnyen oxidálható szerves N-org frakcióból.

Az évek során kialakult különbségekhez az adagokon kívül hozzájárult a N eltérő hasznosulása a különböző kezeléskombinációkban, valamint hozzájárulhatott a NO₃-N kimosódása is.

A legnagyobb változások a NO₃-N tartalomban figyelhetők meg, mivel az NH₄-N levegős viszonyok között nitráttá alakul és ez a N-frakció a legmozgékonyabb. A NO₃-N tartalom a mélységgel csökkenő tendenciájú.

Az NH₄-készlet is növekedett az adagok függvényében a növekvő N-dózisok hatására. A mélyebb rétegekben, ahol kedvezőtlenebbek a nitrifikációs viszonyok nagyobb mennyiségek halmozódtak fel. A legnagyobb NH₄-felhalmozódás a kalcium-karbonáttal kiegészített kezelés-kombinációkban jött létre, ami a pH emelkedéssel függ össze.

A szerves frakció nagysága változott legkevésbé N-trágya adagokkal. A könnyen oldható és oxidálható frakció nagysága a 0-20 és a 20-40 cm-es rétegekben számottevő. Az N-org frakció nagysága is ingadozik a különböző kezeléskombinációkban, a visszamaradt gyökér- és tarló-maradványok mennyiségétől függően. Figyelemre méltó, hogy az organikus frakció, még adott viszonyok között is, melyek a szerves anyag lebomlásának kedveznek, átlagban mintegy egyharmadát képezik a 0,01 M kalcium-kloridban oldható nitrogénnek.

A bemutatott vizsgálati tapasztalatok alapján a N-ellátottság megítéléséhez hazai szaktanácsadásban használt humusz vizsgálat helyett a 0,01 M kalcium-kloridban oldható N frakciók meghatározását javasoljuk. Indoklás:

- A szervesetlen NO₃-N és NH₄-N frakciók a növények számára közvetlenül hozzáférhető N készletek jellemzésére alkalmasak.

- Az Norg frakció a könnyen mobilizálható N-készleteket jellemzi. Figyelembe vételével csökkenthető a túltrágyázás kockázata.
- Javasoljuk a feltalajon kívül a mélyebb rétegek figyelembevételét kilúgzásra hajlamos homoktalajon, mivel a mélyebb rétegekben is jelentős mennyiségek vannak jelen.

A **foszforadagok** jelentősen növelték a talaj AL-oldható P-tartalmát, különösen a N-nélküli kezelésekben, melyekben nem tudott hasznosulni. A kis N-adagok mellett mérsékelt növekedés, a nagyobb N-adagok mellett nagyobb növekedés figyelhető meg. Feltehető, hogy a nagyobb termések után több tarló- és gyökérmaradvány maradt vissza, melyek élénkítették a talajéletet és a biológiai feltáródást a talajban.

Általánosságban megállapítható, hogy a foszforellátottság mértékét a foszfortrágyázás adagjain kívül a tápanyagellátás kiegyensúlyozottsága is befolyásolta. Az ellátottság a kezdeti közepes szintről a jó ellátottság szintjére emelkedett. Egyes kezelésekben az AL-P érték a túlzott ellátottságnak megfelelő 200-300 mg/kg tartományba esnek.

A **kálium adagok a foszforadagokhoz hasonlóan növelték az AL-K mennyiségét. Legnagyobb a kálium felhalmozódás, az N=0 és P=0 kezelésekben, ahol a kálium nem tudott hasznosulni. Az NPK kezeléskombinációban, melyekben jobb hasznosulás feltételezhető, mérsékeltbb növekedés jött létre. A legnagyobb K-kezelésekben kialakult mintegy 150 mg/kg K₂O értékek a homoktalajon jó ellátottságnak felelnek meg.**

A kezelések egy részében a 0-20 cm-es rétegben mért kálium értékek közel azonosak a 20-40 cm-es rétegével, számos esetben a második rétegben valamivel nagyobbak, ami K-lemosódásra utal. A kálium eloszlása a talajban a kimosódásra hajlamos talajokon szükségessé tenné a mélyebb rétegek rendszeres vizsgálatát.

A **kalcium-karbonát** kezelések hatására nagy különbségek alakultak ki az AL-Ca értékekben. Az abszolút kontrollban és számos Ca és Mg nélküli kezelésben az AL-Ca érték kisebbek 150 mg/kg-nál, ami a növények kalcium ellátását veszélyeztető gyenge ellátottságra utal. Adott talajon tehát a kalcium-karbonát adagok nemcsak a kémhatásállapot rendezését, hanem a növények kalcium ellátását is segítik.

Érdekes megemlíteni, hogy az AL-Ca értékek a szuperfoszfáttal talajba juttatott *kalcium* mennyiségét is jelzik. A szuperfoszfáttal kezelt kezelésekben az AL-Ca tartalom a N-adagoktól függően elérheti a növények Ca ellátása szempontjából kritikusnak tekinthető 200 mg/kg-ot. A nitrogéntrágyák savanyító hatásának következménye, hogy a kalcium-karbonát nélküli kezelésekben az N-adagok növekedésével csökken az AL-Ca mennyisége. A kalcium-karbonáttal és dolomittal kiegészített NPK kezelésekben az AL-Ca értékek jelentősen meghaladják a kritikus határértéket, elérik az 1000 mg/kg értéket.

A **magnézium** pótlására használt **dolomit** kezelések számottevő változást idéztek elő a talaj magnézium tartalmában, melyet a 0,01 M kalcium-kloridban oldható Mg értékek és az AL-Mg értékek egyaránt jeleznek. Az eredmények értékelésénél azonban figyelembe kell vennünk, hogy míg savanyú homoktalajon mindkét módszer alkalmas az ellátottság jellemzésére, karbonátos talajon az AL módszer nem alkalmas erre, ugyanis az ammónium-laktát-ecetsav bontja a karbonátokat és így a növények számára közvetlenül hozzáférhető készleteken kívül, a karbonátokban jelenlévő tartalékokat is kimutatja.

A Mg értékekben is megfigyelhető a kezeléskombinációk közötti különbség és a N-adagok hatása. A kalcium és magnézium nélküli NPK kezelésekben mindkét módszer gyenge ellátottságot jelez a 0-20cm-es rétegben, a Mg-tartalom kisebb, mint 5 mg/kg és a 40-60cm-es rétegben is csak egy két esetben éri el a 10 mg/kg értéket. A legnagyobb N-adag kezeléskombinációiban a N savanyító hatása következtében legkisebb a feltalajban a magnéziumtartalom, de a mélyebb rétegekben is kevés.

A magnéziumtartalom a feltalajban jelentősen növekedett a magnéziummal kiegészített kezeléskombinációkban. A kalcium nélküli (Ca-0, Mg-2) kezelésben az AL-Mg tartalom eléri 50 mg/kg értéket, a nagyobb kalcium (Ca-2, Mg-2) kezelésben a 100 mg/kg értéket. A CaCl₂-Mg értékek is jelentősen meghaladják a jó ellátottság határát. A vizsgálati eredmények azt bizonyítják, hogy a kalciumpótlásra használt mészkepepor is tartalmazott magnéziumot.

A kísérletben alkalmazott kezelések hatása a talaj pH-ra

Az egyik legfontosabb kérdés növénytáplálási és környezeti szempontból, hogy az alkalmazott kezelések miként befolyásolták a talaj kémhatását az adott termőhelyen. A termőhely a terület fizikai kémiai tulajdonságai alapján egyértelműen a környezetileg érzékeny talajok csoportjába tartozik.

A pH (KCl) értéke a Ca és Mg nélküli kezelések feltalajában általában 4,0 és 4,5 között változik, a harmadik rétegben többnyire valamivel nagyobb, de mindenképp alacsony. A pH<5,0 kémhatástartomány homoktalajokon veszélyezteti a talajok termékenységét, a tápelemek érvényesülését, fokozódik a toxikus elemek oldódása. Éppen ezért a hasonló termőhelyeken kerüendő minden kémhatáscsökkentő beavatkozás és szükséges a műtrágyák savanyító hatásának kompenzálása mésztrágyázással.

A kísérletben a trágyázatlan kontroll és a N-nélküli kezelések feltalajában a pH (KCl) értéke közel áll az eredetileg mért átlagértékhez, 4,3-4,5 között változik. A bemutatott adatok igazolják, hogy növekvő N-adagok Ca és Mg kiegészítés nélkül savanyítják a talajt, a pH értéke csökken. Az N-1, N-2, N-3 rendre csökken a pH, értéke átlagosan 4,2, 3,9, 3,8. Az azonos szintű N-ellátásban részesült NPK kezelések között minimális eltérések figyelhetők meg, meghatározóak a N-adagok.

A kalcium-karbonát adagokkal kiegészített NPK kezelésekben fokozatosan emelkedik a feltalaj pH értéke, az adagok arányában 4,5; 4,7; 6,4. A dolomittal kiegészített kalcium-karbonát kezelésekben 5,1, illetve 5,3 pH alakult ki. A Ca-2 Mg-2 kezelésben ugyancsak 6,4-re emelkedett a pH értéke. Homoktalajon általában az 5,5 pH értéket tartják optimálisnak, ezért az N-2 Ca-3 és a Ca-2 Mg-2 kezelés túlzottnak tűnik. A pH emelkedésével a mikroelemek felvehetősége csökken.

A talajvizsgálati eredmények összefoglalása

- A nitrogénadagok növelik a talajszelvény 0,01 M kalcium-kloridban oldható N-készletét és fokozzák a talaj savanyúságot.
- A fokozódó savanyúság rontja a tápelemek érvényesülését, növekszik a toxikus elemek oldódásának veszélye, pH<4,0 alatt alumínium toxicitás léphet fel.
- A kilúgozásra hajlamos, kolloidban szegény homok- talajokon a kalcium és magnézium tápelemek mennyisége is erősen lecsökken, hiányuk terméskorlátozó tényezővé válik.
- A kísérleti eredményekben bekövetkezett változások alapján a nyírlugosi termőhely talaja a környezetileg érzékeny talajok csoportjába tartozik.
- A Nyírség hasonló tulajdonságú talajain a savanyodás fokozódásának elkerülésére az NPK trágyákat célszerű kisadagú kalcium-karbonát adagokkal kiegészíteni (mésztrágyázás), szükség szerint a magnézium pótlásáról gondoskodni.
- A kísérletben alkalmazott szuperfoszfát és kálisó adagok kimutathatóan növelik a talaj foszfor és kálium készletét, javítják az ellátottságot.
- Kiegyensúlyozatlan kezelésekben a foszfor nitrogén hiányában nem tud a termésben hasznosulni, foszfor felhalmozódás jön létre.
- Fentiek következtében a kísérletben alkalmazott P-adagok egyes kezelésekben túlzottnak bizonyultak, az AL-P értékek 200 mg/kg érték fölé emelkedtek. Az AL-K értékek elérték a homoktalajon jó ellátottságnak minősülő 150 mg/kg értéket.
- Megfelelő kalcium-karbonát és dolomit adagokkal javítható a talajok kémhatása és magnéziumellátottsága. A kísérletben végzett talajvizsgálatok azt bizonyítják, hogy túladagolás esetén a pH akár 6,4-ig emelkedhet, ami meghaladja a homokon optimálisnak tekintett 5,5 értéket.
- A vizsgálatok eredményeiből kitűnik, hogy a nagy adagok hatására a talaj oldható Mg-tartalma egyes kezeléskombinációkban lényegesen meghaladja a jó ellátottság határértékeit.
- A felsorolt tapasztalatok bizonyítják, hogy mennyire fontos a tápanyagadagok összehangolása, a növények igényéhez és a talaj adottságaihoz alkalmazkodó harmonikus tápanyagellátás.

V. Fenntartó tápanyaggazdálkodás nyírségi homoktalajokon

A korábban bemutatott talajvizsgálatok eredményei szerint az NPK műtrágyázás nyomán a kovárányos barna erdőtalaj pH értékei csökkentek, a hidrolitos aciditás értékek növekedtek, a talaj fokozatosan egyre savanyúbbá vált. Az elsavanyodás a 0-20 cm rétegen túl a 20-40 cm rétegben is megfigyelhető volt. Az elsavanyodás ugyanakkor a növények igényéhez mért Ca-trágyázással, pl. az évenként adott 200 kg/ha Ca adagolásával meggátolható, sőt visszafordítható volt. A meszezett parcellákon nemcsak a szántott réteg pH értékei nőttek, hanem az alsóbb talajrétegek savanyúsága is csökkent, amint azt a mélyfúrások eredményei mutatták.

A humuszban szegény homoktalajok elsősorban N-ben szegények, mely elem hiánya az első és legfontosabb terméslimitáló tényező. Az istállótrágya gyorsan elbomlik és N-je részben hosszabb időn át $\text{NH}_4\text{-N}$ formában a talajban felhalmozódhat. Az erősebben savanyú talajon a nitrifikáció lassú. A mélyfúrások adatai szerint a talaj $\text{NH}_4\text{-N}$ készlete gyakran meghaladhatja a $\text{NO}_3\text{-N}$ készletet, melyet jobban fenyeget a kimosódás veszélye.

A nyírségi savanyú homoktalajok általában felvehető Mg-ban is szegények. Jelentősebb Mg-készlet csak a kovárány csíkokban és a talajszelvény mélyebb rétegeiben található. A rendszeres Mg trágyázás hatására nőtt a talaj kicserélhető Mg tartalma, valamint a legtöbb növény termése. A termésmaximumokat rendre azokon a parcellákon kaptuk az utóbbi 10-15 évben, ahol a hagyományos NPK műtrágyákon túl Mg és Ca trágyázást is folytattunk.

A talajok eredeti P-állapota nem teszi lehetővé trágyázás nélkül a nagyobb termések elérését. A pozitív mérlegű P és K parcellákon a talajok felvehető készlete közel megkétszereződött. A K nagyobb mozgékonyasága miatt a talajban maradó K jelentős része a 20-40 cm rétegben található a mélyfúrások eredményei szerint. Tapasztalataink szerint a kalászosok főként a P-trágyázást hálálták meg, K trágyázásra általában kevésbé vagy egyáltalán nem reagáltak. A kapás kultúrák igényelték a talaj felvehető K szintjének növelését. Összességében azok a talajvizsgálati határértékek, melyeket korábban javasoltunk a hazai szaktanácsadásnak (Kádár 1989), a nyírségi talajon is iránymutatóul szolgálhatnak. Az ellátottsági kategóriákat a 43. táblázat tünteti fel.

43. táblázat

A talaj AL-oldható P_2O_5 és K_2O tartalmának javasolt határértékei (KÁDÁR 1989)

Termőhely talaja	Ellátottsági határkoncentráció tartományok			
	Gyenge	Közepes	Kielégítő	Magas
	AL- P_2O_5 ppm			
Savanyú	50 alatt	51-80	81-120	121 felett
Semleges	80 alatt	81-120	121-150	151 felett
Meszes	100 alatt	121-150	151-200	201 felett
	AL- K_2O ppm			
Homokos	50 alatt	51-100	101-150	151 felett
Vályogos	100 alatt	101-150	151-200	201 felett
Agyagos	150 alatt	151-200	201-250	251 felett

Kádár, I. (1989): Túltrágyázzuk-e a napraforgót? Agrokémia és Talajtan. 38: 441-447.

A kísérleti parcellákon és a kísérlet szegélyében több mélyfúrást végeztünk 1988 májusában, a kísérlet 26. évében. A talajmintákat 20 cm-enként vettük és külön analizáltuk. A mintavétel 3-3,6 m mélységig terjedt. Amennyiben a talajvizet sikerült elérni, vízmintákat is gyűjtöttünk elemzés céljából. Az összesen 7 mélyfúrást reprezentáló 113 pontmintát a Nyíregyházi NAPI vizsgálta meg a szokásos 14 agrokémiai paraméterre. A mintegy 1,5 ezer adatból a főbb eredmények bemutatására szorítkozunk a 44-45. táblázatok közlésével.

44. táblázat

Talajvizsgálati eredmények, kísérlet szegélye, 1. fúrás. Vizsgálta: Nyíregyházi NAA. 1988. május

Mélység cm	pH (KCl)	Humusz %	K _A	KCl-ppm		AL-ppm				EDTA-ppm	
				NH ₄ -N	NO ₃ -N	Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	Fe	Mn
0-20	3,85	0,54	23	41	3,9	11	87	86	14	63	40
20-40	4,09	0,18	23	35	4,0	12	38	86	15	47	63
40-60	5,62	0,10	24	17	4,1	27	28	79	10	25	20
60-80	6,21	0,09	26	22	9,0	34	52	86	17	27	17
80-100	5,45	0,12	25	17	16,7	134	77	111	24	76	22
120-140	5,72	0,07	27	37	2,6	187	110	144	21	116	41
140-160	5,36	0,08	27	25	3,9	222	111	162	28	106	40
160-180	5,48	0,06	25	26	4,0	198	99	144	20	89	30
180-200	5,22	0,09	25	22	6,3	247	93	147	18	101	52
200-220	5,10	0,09	30	19	4,8	345	109	151	20	79	41
220-240	5,40	0,09	28	17	7,5	245	123	118	19	86	82
240-260	5,22	0,09	30	19	6,9	265	161	100	24	63	54
260-280	5,10	0,07	30	14	10,0	255	161	97	24	67	68
280-300	6,14	0,09	30	34	10,8	255	180	118	24	86	118
300-320	5,07	0,10	30	13	6,0	290	149	97	22	101	331
320-340	5,29	0,10	27	19	6,0	222	148	86	25	74	108

Talajvíz-vizsgálat eredményei, mg/l: NH₄-N=0,42; NO₃-N=23,11; K=5,78; P=0,07;

Talajvizsgálati eredmények, NPKCaMg kezelés, I/1. fűrés, 1988. május.
Vizsgálta: Nyíregyházi NAA

Mélység cm	pH (KCl)	Humusz %	KCl-oldható, ppm			AL-oldható, ppm			KCl - EDTA-oldható, ppm		
			Mg	NO ₃ -N	SO ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	Mn	Zn	Cu
0-20	6,08	0,49	85	28,2	2,1	293	447	30	40	1,7	1,1
20-40	4,30	0,20	67	3,0	1,9	21	278	19	43	0,9	0,5
40-60	4,99	0,16	76	1,5	2,4	19	200	15	28	0,9	0,5
60-80	5,13	0,17	67	2,0	3,0	21	278	35	21	0,7	0,5
80-100	5,14	0,16	65	3,0	5,2	27	144	12	20	1,0	0,5
100-120	5,13	0,17	111	12,0	8,1	45	167	23	36	1,2	0,7
120-140	5,15	0,17	200	12,4	8,4	64	147	23	45	0,9	0,7
140-160	4,92	0,18	228	2,3	9,0	64	90	20	28	1,0	0,3
160-180	4,88	0,19	228	1,7	11,1	51	199	23	28	0,9	0,5
180-200	4,89	0,17	235	4,1	10,4	64	222	29	28	0,9	0,6
200-220	4,66	0,17	252	4,2	9,8	68	278	19	54	1,1	0,5
220-240	4,45	0,18	379	6,3	7,9	61	200	15	30	0,9	0,7
240-260	4,68	0,17	252	4,5	6,9	51	59	23	32	0,9	0,9
260-280	5,21	0,18	145	2,4	6,0	25	102	24	29	0,8	0,5
280-300	5,40	0,47	137	11,5	2,0	25	49	20	26	0,8	0,5

A kísérlet útmenti szegélyében végzett 1. fűrés jellemzőit a 44. táblázat foglalja össze. Mint látható, a talaj a felszínen volt a legsavanyúbb, a pH(KCl) 4 alá süllyedt. A mélyebb rétegek pH-ja 5-6 közötti, enyhén savanyú. A humusztartalom a szántott rétegben is csak 0,5 % körüli, mélyebben pedig elenyésző a mennyisége. Ezzel magyarázható a N trágyázás szükségessége szinte minden kultúra termesztése esetén. A kötöttség nő lefelé a kolloidális részek lemosódása következtében.

A meglehetősen nagy mennyiségben (35 t/ha) kiszórt istállótrágya, melyet néhány héttel a mintavételt megelőzően szántottak a talajba, a dohánypalánták kiültetése előtt, közel egy nagyságrenddel megnövelte a talaj NH₄-N tartalmát a NO₃-N mennyiségéhez képest. Lehetséges, hogy a fűrés helyén trágyafolt vagy trágyakupac volt. A 320-340 cm mélységben megjelent a talajvíz, ill. a vízzáró réteg. A vízben kimutatható volt az ammónia nitrogén és nagy mennyiségű nitrát-N. (Megemlítjük, hogy az Európai Közösség irányelvei 10 ppm körüli NO₃-N mennyiséget tekintenek elfogadhatónak ivóvízre.)

Az elmondottakból fontos következtetés adódik. Nemcsak a növény igényét jelentősen meghaladó műtrágya N-t fenyegeti a kilúgzás veszélye, hanem az istállótrágya N-je is (beleértve az ammónia forma N-t) a kimosódás áldozatául eshet ezen a talajon és a talajvizet szennyezheti. Az istállótrágya NH₄-N tartalma nem alakult át nitráttá, a hideg tavasz és az alacsony pH a nitrifikációt gátolhatja.

Az oldható Mg tartalom a mélységgel akár egy nagyságrenddel is nőhet, a Mg a mélyebb rétegekbe mosódott a talajképződés során. Különösen a sekélyen gyökerező és gyors fejlődésű növényeknél alakult ki Mg hiánya. A hiány fellépését a túlzott K műtrágyázás indukálhatja a K-Mg ionantagonizmus miatt. Mindezen körülmények indokolhatják a feltalaj Mg-ban való gazdagítását, Mg tartalmú trágyaszerek alkalmazását.

Figyelemre méltó a felvehető P tartalom eloszlása. A feltalaj közepesen ellátottnak minősíthető, a szántott réteg alatti talaj elszegényedik, majd az ellátottság eléri a közepes, kielégítő, sőt a magas koncentráció tartományt a 2 m alatti mélységben. A hagyományos ismereteink alapján a P nem mozog a talajban. A 44. táblázat adatai arra utalnak, hogy a P a talaj kolloidális részeivel együtt elmozdulhat a mélyebb rétegek felé. Másrésztől geológiai okokkal magyarázható a P-akkumuláció. Eltemetett talajok, ill. lösz rakódott le a homokkal egyidőben, melyre a Nyírség geológiája fejezetben utaltunk.

A felvehető K mennyisége alapján a feltalaj közepesen ellátott, majd az 1-2 m rétegben eléri a kielégítő ellátottsági szintet. A talaj jelentős felvehető K készlete megmagyarázza, hogy a K-hatások miért ritkák, ill. csak a K igényes kapásnövényeknél jelentkeznek. A K kimosódása nem elhanyagolható ezen a talajon, a vizekben 5-11 ppm értékeket mértünk. Itt megemlíthető, hogy a K nem jelent veszélyt a talaj- és élővizekre, azonban a P igen. A látszólag igen kicsi P-terhelés (0,07-0,08 ppm P) akkumulálódhat az évek során és gyorsíthatja a vizek eutrofizációját, elszennyeződését.

A Na kevésbé kötődik meg a talajban, mint a K (könnyen kilúgódik), így az oldható koncentrációja kisebb. A mélyebb kötöttebb rétegek több Na-ot képesek visszatartani, mint a kolloidban szegényebb feltalaj. A felvehető Fe és Mn szintén a mélyebb rétegekben akkumulálódik és a kolloidokhoz kapcsolódva vándorolhat lefelé. Amint a 44. táblázatban látható, extrém módon megnőhet a talajvízzáró rétegek felvehető Mn tartalma a redukciós viszonyok következtében.

Emlékeztetőül megemlíjtük, hogy a 0,002 mm alatti agyagfrakció mennyisége a szántott rétegben 4-8 % között ingadozik, míg a kovárványos anyagbemosódásos zónában elérheti a 10-15 %-ot. A 0,25-0,05 mm homokfrakció aránya azonban ritkán süllyed a 70 alá. Másrésztől a talajkomplexum bázistelítettsége a feltalajban általában 30 % körüli, a bázisok, a kationok mint a Ca, Mg, Na, K a mélyebb rétegekbe vándorolnak. Az 1 m körüli zónában a V % már 50-70 körülre emelkedik, 2 m alatt pedig eléri a 80-90 %-ot. Amint a Várallyay által végzett vizsgálatokból is kiderül, a kationok 60-80 %-a Ca, 20-30 %-a Mg, 1-2 %-a K, míg a Na az 1 % alatt marad.

Az NPKCaMg kezelést reprezentáló 45. táblázat eredményeit tekinthetjük át, levonva az általánosítható következtetéseket. Az egyes táblázatok részletes értékelésétől eltekinthetünk, hiszen összességében a 40. táblázat értelmezése során elmondottak itt is érvényre jutnak. A főbb megállapításokat az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- A pH(KCI) értékek 4 körüliek a legtöbb szelvényben és csak a meszezett parcellán emelkednek a szántott rétegben 5-6 közötti tartományba. A mélységgel a savanyúság általában csökken, de a pH ritkán nő 5 fölé.
- A humusz % 0,5-0,13 körüli a szántott rétegben és 0,2-0,3 %-ra süllyed az altalajban. A szelvények e tekintetben meglehetősen homogénnek látszanak.
- A KCI-oldható Mg tartalom 40-60 ppm a feltalajban és a meszezett NPKCaMg parcellán 60-80 ppm értékre emelkedik. Úgy tűnik, hogy a szántott réteg alatti 40-60 cm talaj szintén gazdagodott Mg-ban a meszezett parcellákon. A mélységgel a Mg-készlet egyértelműen megsokszorozódik minden szelvényben.
- A $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ mennyiség egyenesen néhány ppm a kontrollnak tekinthető szegély területen. A N-nel trágyázott parcellákon dúsulási szintek figyelhetők meg: 0-20 cm-ben, 100-140 cm-ben, 260-320 cm-ben. Amennyiben ez megfelel az évi kilúgzás mértékének, úgy ezen a talajon a növény által már nem hasznosított műtrágya-N feltehetően átlagosan 1 m/év sebességgel haladhat a talajvíz felé. Megemlíjtük, hogy a meszes csernozjom talajon ez a $\text{NO}_3\text{-N}$ kilúgzási sebesség 20-30 cm/év értéknek adódott és a kísérlet 17. évében a $\text{NO}_3\text{-N}$ bemosódásának zónája elérte az 5-5,5 m mélységet. (Kádár és Németh 1993).
- Nagy $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentrációkat mutatott az egyoldalú, N-nel trágyázott feltalaj, ahol a kis termések miatt a N mérleg pozitívuma kifejezett. Itt az adott N 20-30 %-át hasznosították csak a növények.

- A homoktalajban a SO_4 ion viszonylag mozgékony, melyet jól mutat a mélységi eloszlása. Az egyoldalúan N-nel trágyázott parcellán koncentrációja 0,1 ppm értékre süllyed, nem zárható ki a S-hiány fellépése bizonyos növényeknél. Az NPKCaMg kezelésekben a felvehető SO_4 tartalom a 2 ppm körül stabilizálódott, valamint szemmel láthatóan az alsóbb rétegek is gazdagodtak kénnel.
- A SO_4 -S forrása a szuperfoszfát, mely több ként tartalmazhat, mint foszfort. A SO_4 iont szintén a kilúgzás fenyegeti és a talajvízbe juthat. úgy tűnik az 1-3 m rétegben dúsult fel a műtrágyázott kezelésben.
- A feltalaj felvehető P-tartalma genetikailag (vagy korábbi emberi beavatkozásból eredően) nagyobb, mint a szántott réteg alatti 40-100 cm-ben. Az 1 m alatti rétegek általában ismét gazdagabbak. A műtrágyázott kezelésben a feltalaj koncentrációja nőtt meg ugrásszerűen, míg az alsóbb rétegeké nem. A műtrágya-P tehát észrevehetően nem mozdult el a 26 év alatt.
- A felvehető K mennyisége egyes szelvényekben már a feltalajban is magas és heterogén. A műtrágyázott parcellán nemcsak a 0-20, hanem a 20-40 cm is gazdagabb felvehető K-ban.
- Az AL-Na tartalom viszonylag egyenletes eloszlást mutat és általában mennyisége nő a mélységgel. A műtrágyázás hatása nem tükröződött.
- A felvehető Zn és Cu mennyisége ritkán emelkedik 1 ppm fölé és a szelvényben egyenletesen oszlik meg. A Mn készlet a mélységgel általában nő. Műtrágyázás hatását a felvehető mikroelem tartalmak nem jelzik.
- A felszíni vízfolyás vizsgálati eredményei szerint a víz csak tized ppm mennyiségben tartalmaz NH_4 -N, ill. NO_3 -N szennyezést. A csapadék tehát a talajon keresztül szivároghat, szennyeződik és dúsulhat fel nitráttal, foszforral és más elemekkel.

A tápanyagok bemosódásának nyomon követésére kétségtelenül sokkal több, precízebb, átfogóbb vizsgálatokra volna szükség. Sajnos ezek a vizsgálatok rendkívül költségesek és munkaigényesek. Ahhoz, hogy megbízhatóan elbírálhassuk a kezeléshatásokat, parcellánkénti átlagminta vételre volna szükség ugyanúgy, mint a szántott rétegből történő rutin vizsgálatok esetén. A talajt (különösképpen a homokot) mikroheterogenitás jellemzi, a pontminták rendkívül heterogén eredményt szolgáltatnak és kevéssé felelnek meg a reprezentativitás követelményeinek.

Amennyiben a mintavétel technikailag gyorsá, egyszerűvé és olcsóvá válik, parcellánként minimum 5-10 fűrésből képzett átlagminta jellemezhetné a nettó parcella talaját. A 8 kezelés x 4 ismétlés = 32 parcellán 300 fűrészt kellene végezni 15-20 részmintát kiemelésével fűrésenként. Az analizálandó átlagminták száma így is 400-600 mintát jelentene. A kapott információ viszont nagyságrenddel értékesebb és megbízhatóbb anyagot szolgáltatna a kutatás, oktatás és szaktanácsadás számára. A fenti gondolatból kitűnik, hogy a fő problémát a mélyfűrészek kapcsán nem az analízis jelenti (hiszen átlagmintákat képezünk parcellánként), hanem maga a mintavétel.

Összefoglalva megállapítható, hogy a műtrágyázott és meszezett talajon ugrásszerűen megnőtt a nitrát-N mennyisége, a szuperfoszfátból eredő szulfát és foszfát ionok mennyisége, valamint a K és Mg tartalom. A trágyázás tehát tápanyagbőséget jelent, ezzel együtt nemcsak a nagyobb termés lehetőségét teremti meg, hanem nagyobb terhelést jelenthet a talajra és a talajvízre. A homoktalajok művelése, védelme, trágyázása és a savanyú homoktalaj meszezése tehát különös gondosságot kíván. A talajok rosszabb víztartó képessége, szélsőségesebb hőgazdálkodása miatt kevesebb növény termeszthető biztonsággal. A kolloidokban szegény termőhelyen gyorsan kialakulhatnak tápanyaghiányok vagy túlsúlyok, az arányos és kiegyensúlyozott táplálás kontrollja tehát nagyobb figyelmet igényel. A szakszerűtlen trágyázás gyorsan termés-csökkenést eredményezhet. Az alábbiakban megkíséreljük összefoglalni a műtrágyázás és a meszezés alapelveit a gyakorlat, ill. a szaktanácsadás számára. Az alapelvek betartása egyben a leghatékonyabb környezetvédelmet is jelentheti.

- A talaj tápanyagellátottságát rendszeres, 3-5 évenként végzett talajvizsgálatokkal kell ellenőrizni. A túltrágyázást és az alultrágyázást egyaránt el kell kerülni. A N esetében ez azt jelenti, hogy az összes N bevitel (műtrágya + szerves trágya) nem haladhatja meg a tervezett termés N felvételét, azaz igényét. A talaj 0-60 cm rétegének NO_3 -N tartalmával a vetés előtti ásványi N igényt csökkentjük. A főbb szántóföldi növények 1 t főtermésének létrehozásához szükséges tápanyagok mennyiségeit a 46. táblázat

foglalja össze. A táblázatban a nem kimondottan homoki növények adatait is szerepeltetjük tájékoztatás céljából.

- A talajok P és K ellátottságának becslésére szolgáló talajvizsgálati határértékeket a 39. táblázatban mutattuk be. Célunk a stabil és nagy termésen túl a talaj kielégítő ellátottságának fenntartása. Ebben az ellátottsági tartományban tehát a tervezett termés P és K igényét kell fedeznünk trágyázással. Gyengébb ellátottság esetén 1,5-2-szerese is javasolható a talajgazdagítás miatt, míg a magasabb ellátottság esetén a trágyázás felére csökkenhet, vagy az újabb talajvizsgálat idejéig el is hagyható. A P és a K trágyák adagolása történhet 2-3 évenként, nem szükséges az évenkénti visszapótlás.

46.táblázat

Szántóföldi növények fajlagos tápelemigénye kg/t főtermésre számolva (1 t fő- és a hozzá tartozó melléktermék tápelemtartalma)

Növény	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Búza	27	11	18	8	7
2. Rozs	26	12	20	10	4
3. Árpa őszi	27	10	20	7	4
4. Árpa tavaszi	23	9	18	12	4
5. Zab	28	12	30	6	4
6. Köles	30	8	34	4	3
7. Tritikále	30	11	24	6	3
8. Kukorica	25	11	20	8	7
9. Napraforgó	41	20	70	30	17
10. Repce	100	45	120	100	34
11. Olajlen	40	13	50	40	14
12. Mák	83	36	113	93	20
13. Mustár	75	23	20	55	9
14. Cukorrépa	4	1	6	2	1
15. Burgonya	5	2	7	2	2
16. Rostlen	12	6	12	10	3
17. Rostkender	5	4	8	14	2
18. Borsó	50	17	35	35	8
19. Szója	62	37	64	40	35
20. Dohány	59	20	89	77	17
21. Lucerna széna	27	7	20	30	5
22. Vöröshere széna	23	5	20	25	6
23. Fűveshere széna	18	5	20	20	6
24. Pillangós széna	20	5	15	10	5
25. Réti széna	17	6	18	10	4
26. Legelő széna	20	7	22	12	5
27. Csillagfürt széna	30	8	28	7	5
28. Silókukorica	3	1	3	1	0,5

- A mésztrágyázás a talajtermékenység megőrzésének fontos eszköze savanyú homokon. Célszerű a talaj pH értékét időnként ellenőrizni és azt a kívánatos 5,5-6 körüli pH(KCI) optimumon tartani. A rendszeres 200 kg/ha/év Ca trágyázás elejét veheti a műtrágyák okozta elsavanyodásnak. Dolomitporral végzett kezelés a talajok Mg készletének megőrzését is szolgálja.
- A műtrágyák iránti szükségletet csökkenti a melléktermékek leszántása, a felhasznált istállótrágya, hígtrágya, komposzt, valamint a pillangós elővetemény. A megfelelő vetésforgó nemcsak a gyomok és betegségek előfordulását mérsékli, hanem a trágyaigényt is. Monokultúrában egyoldalúan meríti ki a növény a talaj tápelemkészletét, mert ugyanazon frakciókból táplálkozik, ezért túltrágyázásra kényszerülünk.
- Amennyiben az elővetemény termése lényegesen elmaradt a tervezettől valamilyen elemi kár (aszály, jégeső, betegség, kártevő) miatt, úgy a tápanyagok utóhatásait figyelembe vehetjük és a következő évben a talajban maradt mennyiség mintegy 50-70 %-ával a trágyaigényt csökkenthetjük.
- A melléktermék leszántása elsősorban a K trágyázást helyettesítheti. Minden tonna kalászos (szemtermés) után 10, kukorica szemtermés után 15, minden tonna napraforgó kaszat után 60 kg K₂O visszapótlást jelenthet átlagosan a táblán maradó melléktermék hektáronként.
- Minden 10 tonna közepes minőségű almos istállótrágya összesen legalább 30 kg N, 30 kg P₂O₅ és 70 kg K₂O bevitelét jelenti a talajba, melynek fele az első, míg a másik fele a következő évben válhat felvehetővé a növény számára. A hígtrágyákban átlagosan 1-1,5 kg N, 0,4-0,6 kg P₂O₅ és 0,8-0,9 kg K₂O található m³enként, melyet figyelembe vehetünk a műtrágyákkal egyenértékben.
- Mit tegyen a gazda, ha nem rendelkezik a tervezett terméshez talajain szükséges trágyaszerekkel? Vajon célszerűbb néhány táblán kielégíteni a növények igényét és a maradék földön semmiféle trágyázást nem folytatni? Esetleg minden táblát trágyázni kisebb adaggal a növény igénye szerint módosítva? Nyilvánvaló, hogy egységnyi tápanyag általában sokkal nagyobb terméstöbbletet eredményez pl. a 0-50 kg/ha tartományban, mint a 150-200 kg/ha között, hiszen érvényesül az ún. "csökkenő hozadék" törvénye, amint egy terméslimitáló tényező szintjét emeljük. Bár figyelembe kell venni a nagyobb területen jelentkező magasabb kiszórási költségeket, a mérsékelt adaggal több táblára jutó trágya hatékonyabban érvényesülhet.
- Konkrét, táblaszintű szaktanácsadást csak a helyismerettel rendelkező szakember adhat, aki felhasználja a táblatorzskönyvi adatokat, talaj- és esetleges növényvizsgálati eredményeket. A talajvizsgálatok nem helyettesíthetik a növényelemzést, sem a táblatorzskönyvi adatokat. Célszerű, ha a gazda rendszeresen feljegyzi az egyes táblákon kapott terméseket, felhasznált trágyaszereket, egyéb beavatkozásokat (növényvédelem, meszezés, talajjavítás stb.). A tábla múltjának, történetének ismerete lehetővé teszi a tápelemmérlegek összehasonlítását, mely utalhat a talaj elszegényedésére vagy gazdagodására.
- A növényvizsgálatok segítenek kideríteni a növény fejlődése során fellépő rendellenességeket, tápláltsági anomáliákat. Az esetleges mikroelem hiányok vagy mérgezések pl. a talajvizsgálatokkal nem jelezhetők előre megbízhatóan. A mikroelemek felvételét olyan tényezők is meghatározzák, mint az időjárás, nedvesség, tömődöttség, helyi elsavanyodás a talajban, más főbb tápelemekkel való ellátottság stb. A talaj mikroelem szolgáltatása ill. az egyes mikroelemek tényleges felvehetősége csak a növényelemzés eszközével ítélni meg. Ilyen tájékoztató jellegű növényanalitikai határérték táblázatokat korábban már több növényre közöltünk.

VI. Irodalom

- Adams, R. M. et al., 1990. Global climate change and U.S. agriculture. *Nature*. 345. 219-224.
- Anderson, D.W., 1977. Early stages of soil formation on glacial till mine spoils in a semiarid climate. *Geoderma*. 19. 11-19.
- Antal, J., Egerszegi, S. & Penyigei, D. 1966. Dohánytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Aslander, A.: 1952. Standard fertilization and liming as factors in maintaining soil fertility. *Soil. Sci.* 74. 181-195.
- Balla A.-né: 1965. Meszezési kísérletek csernozjom barna erdőtalajon. MTA Agrártud.Oszt. Közlem. 24. 405-410.
- Balogh I. –Blaskó L. – Nyíri L.: 1978. Az országos mésztrágyázási akció sikeréért. *Magyar Mezőgazdaság*. 33(26) 10.
- Bán M.: 1967. A talajjavítás módszerei és eredményei. Mezőgazd. Kiadó, Budapest.
- Becker-Dillingen, J., 1934. Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Paul Parey. Berlin.
- Berényi D., 1944. A burgonya termelése és összefüggése az időjárással. Alföldi Magvető. Debrecen.
- Berényi D., 1956. A cukorrépa termésátlaga és az időjárás elemek közötti összefüggés. *Acta Univ. Debr.* L. Kossuth Nom. 3. 229-249.
- Borsos, J. (Szerk.) 1976. A dohány nagyüzemi termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Borsy, Z., 1961. A Nyírség természeti földrajza. Földrajzi monográfiák. V. Akadémiai Kiadó. Budapest. Budapest.
- Csathó P., Lásztity B. & Sarkadi J., 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 40:339-351.
- Cserhádi, S., 1900. Általános és különleges növénytermelés. Czeh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár
- Ditz, H. (1867): A magyar mezőgazdaság. Szerk.: Kádár I. MTA TAKI. Budapest, 1993.
- Dombóvári J.: 1965. Különböző adagú meszezés és műtrágyázás hatása a lucerna termésére és a foszfortrágya érvényesülése gyengén savanyú réti talajon. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 24. 355-359.
- Downing, T. E. et al., 2000. *Climate Change, Climatic Variability and Agriculture in Europe*. University of Oxford. Oxford.
- Egerszegi, S., 1960. A homok mély termőrétegének kialakítása. Kandidátusi disszertáció. MTA TMB. Budapest. Kézirat.
- Fisher, R. A., 1924. The influence of rainfall upon the yield of wheat at Rothamsted. *Phil. Trans. B.* 113. 89-142.
- Gething, P.A., 1990. Potash Facts. International Potash Institute. Bern.
- Gondola I. (1988): Az ökológiai tényezők és a genotípus szerepe a Virginia dohányok NPK tartalmának változékonyságában. *Növénytermelés*. 37: 409-419.
- Gondola I. (1990): Szárazanyag-felhalmozás és tápelem-dinamikai vizsgálatok Virginia típusú dohánynövényen. *Agrokémia és Talajtan*. 39: 48-58.
- Gondola, I. - Kádár, I., 1993. Heavy metal content of flue-cured tobacco leaf in different growing regions of Hungary. *Acta Agronomica Hung.*
- Grábner, E., 1956. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Győrffy B., 1988. Az 1983. évi aszály hatása és tanulságai. *Magyar Tudomány*. 4:249-254.
- Gyuricza Cs. -Birkás M., 2000. A szélsőséges csapadékellátottság hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon, kukoricánál. *Növénytermelés*. 49: 691-706.
- Harrison, P. A. & Butterfield, R. E., 1996. Effects of climate change on European winter wheat and sunflower productivity. *Climate Research*. 7. 225-241.
- Heal, O.W., 1989. Long-term ecological research: what is the role of sites? In: Long-term Ecological research: A Global Perspective. 142-162. MAB Final Report. Bonn. FRG
- Jászberényi I. – Loch J. – Sarkadi J. (1994): Experiences with 0,01 M calcium chloride as an extraction reagent for use as a soil testing procedure in Hungary. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* **25**. (9-10). 1771-1777.
- JÁSZBERÉNYI I. – LOCH J. (1995): Soil phosphate adsorption and desorption in 0,01 M calcium chloride electrolyte. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **27** (5-8), 1211-1225.

- Kádár I.–Pusztai A.– Sulyok L.: 1988. A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészvény kísérletben. I. Talajvizsgálati és terméseredmények. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37. 223-236.
- Kádár I. – Szemes I. 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest.. 248 p.
- Kádár I.: 1988. A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészvény kísérletben. II. *Agrokémia és Talajtan*. 36-37. 239-252.
- Kádár, I. & Németh, T. 1993. Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 42- 331-338.
- Kádár, I.- Vass, E., 1988. Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon. *Növénytermelés*. 37- 541-547.
- Kádár, I., 1989. Túltrágyázzuk-e a napraforgót? *Agrokémia és Talajtan*. 38- 441-447.
- Kádár, I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Akaprint. Budapest. 398 p.
- Kádár, I., 1993. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Akaprint. Budapest. 112 p.
- Kádár, L., 1951. *Földrajzi Könyv- és Térképtár Értesítője*. 10-12:117 p.
- Kádár I. – Németh T. – Szemes I. 1999. Triticale trágyareakciója a nyírlugosi tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 48(6): 647-661.
- Kádár I. – Márton L. . Németh T. és Szemes I. 2007. Meszezés és műtrágyázás hatása a talajra és növényre a 44 éves nyírlugosi tartamkísérletben.
- Kléh, Gy. - Szűcs, L., 1954. A Nyírség talajviszonyai. *Agrokémia és Talajtan*. 3. 47-66.
- Kosutány, T., 1887. Magyarország jellemzőbb dohányainak chemiai és növényélettani vizsgálata. A Kr. Magyar Természettud. Társulat Kiadványa. Budapest.
- Kozák, M. & Egerszegi, S., 1975. Data on the potassium cycle of some Hungarian sandy soils. In: Potassium Research and Agricultural Production. 103-109. Der Bund. A.G. Bern.
- Kozák, M. - Szemes, I., 1983. A talaj kálium-szolgáltatásának jellemzése. In: Az agrokémiai kutatások újabb eredményei. 8395. GATE-Keszthely.
- Kozák, M., 1985. The effects of calcium and magnesium fertilizers on the properties of acid sandy soils. IXth World Fert. Congr. Proc. Vol. 3 116-120. Goettingen. Ed: Welte and Szabolcs.
- Kozák, M., 1987. A környezeti savasodás hatása a talajra. In: A környezet erősödő savasodása. Környezet- és Természetvédelmi Kutatások. 7. 125-136. MTA-OKTH. Budapest.
- Lazányi J. – Loch J. – Jászberényi I. (2002): Analysis of 0.01 M CaCl₂ Soluble Organic Nitrogen in the Treatments of Westsik's Crop Rotation Experiment. In.: Hungarian Contributions to the 17th International Congress of soil Science. *Agrokémia és Talajtan Tom. 51*. No. 1-2. 79-88. pp.
- Láng I.(1973): Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Doktori Disszertáció. MTA. Budapest.
- Láng, G., 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Láng, I. - Filep, Gy., 1973. A burgonya hozama és minősége műtrágyázott homoktalajon. *Magyar Mezőgazdaság*. 2-8. N.14. 11
- Láng, I., 1963. A homoktalajok műtrágyázásának kérdései. MTA Agrártud. Oszt. Köz. 22 431-434.
- Láng, I., 1964. Probleme der Düngung der Sandböden in Ungarn mit Handelsdüngern. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln.* 5-0- 209-219.
- Láng, I., 1967. Effektivnoszt' primenenija udobrenij na peszcsannüh pocsvah Vengrii. Die Erhöhung der Fruchtbarkeit der Sandböden. 157-162. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Láng, I., 1971. A nitrogén és foszfor érvényesülés, valamint kölcsönhatás tartamkísérletek homoktalajon. *Agrártud. Oszt. Köz.* 3Q507-510.
- Láng, I., 1972. A burgonya és az őszi rozs műtrágyázása Magyarország homoktalajain. *Nemz. Mezőgazd. Szemle*. 1E_ N.4. 72-75.
- Lásztity B., 1991. Az őszi árpa vízellátása és a műtrágyázás. *Agrokémia és Talajtan*. 40:97-108.
- Latkovics, Gyné, 1980. Nitrogén műtrágya hatása a termésre és a talaj termékenységre. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységre. 37-71. Ankét. MTA TAKI. Budapest.
- Loch, J. & Kozák, M., 1984. Ocenka i szravnienie metodov opredelenija magnija v pocsv. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln.* 285. 101-111.
- Márton L., 2002a. A csapadék és a tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a triticale termésére tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51:687-701.
- Márton L., 2002b. Az évhatás elemzése az északkelet-magyarországi, nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérletben. A természetes csapadék és a tápanyagellátottság hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51:71-87.

- Márton L., 2002c. Az éghajlatingadozás és a N-műtrágyázás hatása a rozs (*Secale cereale* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51:199-210.
- Márton L., 2002d. A csapadék-, a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51:529-542.
- Márton L. 2004. Fertilisation, rainfall and crop yield. *Acta Agronomica Hungarica*, 52(2):165-172.
- Máté F.: 1972. A savanyú talajok javításának helyzete Magyarországon. In: *Savanyú talajok termékenységének fokozása*. (Ed. Avdonyin, N.Sz.) 216-256. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Móger J. – Szűcs K. (1966): A dohány termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Möger, J., 1983. Korszerű dohánytermesztés. Mezőgazdaság Kiadó. Budapest. N.4-7. 1-20.
- Nagy P. T. – Jászberényi I. – Loch J. (2002): A trágyázás hatása a 0,01 M kalcium-kloridban oldható nitrogénformák mennyiségére a nyírlugosi tartamkísérletben. In: *Tartamkísérletek, Tájtermesztés, Vidékfejlesztés Nemzetközi Konferencia* (Szerk.: Láng I. – Lazányi J. – Németh T.) I. kötet, 143-148. o.
- Németh T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest. Nyíregyháza.
- Nyíri L.: 1980. Gyakorlati útmutató a kalciumot kis mennyiségben tartalmazó savanyú talajok meszezéséhez és mélyműveléséhez. Agroiinform. Budapest.
- Pécsi, M., 1969. A tiszai Alföld. Magyarország tájféldrajza. 2- 219249. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Prjanisnyikov, D.N., 1965. Izbronnüie szocsinenija. II. Csasztnoje Zemledelije. Izd. "Kolosz". Moszkva.
- Pusztai A.: 1969. Különböző árpafajták érzékenysége a tápoldat savanyúságára. *Növénytermelés*. 18. 63-68.
- Rónai, A., 1956. A magyar medencék talajvíze, az országos talajvíz térképező munka eredményei. MAR
- Rosenzweig, C. & Parry, M. L., 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*. 367. 133-137.
- Russell, C. M. & Jennifer, A. B., 1990. Climatic Risk in Crop Production: Models and Management for the Semiarid Tropics and Subtropics. CAB International. Wallingford.
- Ruzsányi L., 1996. Az aszály hatása és enyhítésének lehetőségei a növénytermesztésben. In: *Éghajlat, időjárás, aszály II. Az aszály enyhítésének lehetőségei*. (Szerk.: CSelötei L. & Harnos Zs.) 5-48. KEE. Budapest.
- 'Sigmund, E. 1901. Adatok két gazdasági növényünk termelési feltételeihez. *Magyar Chemiai Folyóirat*.
- 'Sigmund, E., 1900. Tanulmány a tengeri és a dohány tápanyagfelvételéről. *Kísérletügyi Közlemények*. 3.
- Smith, J. W., 1915. The effect of weather upon the yield of potatoes. *Monthly Weather Rev.* 43:222-236.
- Smith, J. W., 1920. *Agricultural Meteorology. The Effect of Weather on Crops*. Macmillan Co. New York.
- Stefanovits, P., 1966. Hazánk homoktalajainak jellemzése. In: *Növénytermesztés homokon*. (Szerk Antal, J.) 9-22. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Sváb J., 1981. *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Szász G., 1981. Az időjárási folyamatok és a termés közötti kapcsolat modellezésének alapjai. *Időjárás*. 85: 334-345.
- Szemes, I. - Kádár., 1, 1990. Műtrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon. *Növénytermelés*. 39. 147-155.
- Szpravocsnyik, 1960. Szpravocsnyik po mineral'nüm udobrenijam. Izd. Sz/h. Literaturü. Moszkva.
- Udvarhelyi, K. (Szerk). 1968. Magyarország természeti és gazdasági földrajza. Tankönyvkiadó. Budapest.
- Várallyay GY., 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet talajszelvényeinek leírása és laborvizsgálati eredményei. In: Kadar I. - Szemes I: A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest.
- id. Várallyay Gy.: 1942. Meszezési kísérletek első évi eredményei. *Köztelek*. 52. 725-726.
- id. Várallyay Gy.: 1943. Meszezési kísérletek második évi eredményei. *Köztelek*, 53. 341-342.
- Várallyay, Gy., 1979. A nyírlugosi tartamkísérlet talajszelvényeinek leírása és laborvizsgálati eredményei. Kézirat. MTA TAKI. Budapest.
- Várallyay, Gy., 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. *Agrokémia és Talajtan*. 33-159-169.
- Varga-Haszonits, Z., 1987. Agrometeorológiai információk és hasznosításuk. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

Kiegészítő irodalom az Előszó fejezethez

- Antal S. - Egerszegi S. - Penyigei D.: 1966. Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Balázs J. - Kismányoky T. - Hoffmann S.: 1998. Homokhasznosítási problémák a Dél-Dunántúlon. In: Homoktalajok hasznosítása. (Szerk: Cserni I.) 21-34. KÉE. Kecskemét.
- Bauer F.: 1976. Növénytermesztés és tápanyaggazdálkodás Duna-Tisza közti homoktalajon. MTA TMB. Doktori Értekezés. Budapest.
- Bremner, J.M. - Keeney, D.R.: 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils. 3. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction-distillation methods. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30:577-587.
- Cserni I. - Bauer F.: 1998. A kecskeméti homokkutatás múltja, jelene és jövője. In: Homoktalajok hasznosítása. (Szerk: Cserni I.) 34-44. KÉE. Kecskemét.
- Egerszegi S.: 1957. A homoktalajok mély termőrétegének kialakítása és tartós megjavítása. MTA Agrártudományi Osztály Közleményei. 13:83-111.
- Harmati I.: 1998. A talajvíz jelentősége a Duna-Tisza közti homokhátság növénytermesztésében. In: Homoktalajok hasznosítása. (Szerk: Cserni I.) 53-62. KÉE. Kecskemét.
- Horváth J.: 1998. Talajhasznosítás problémái a Somogy megyei homokterületeken. In: Homoktalajok hasznosítása. (Szerk: Cserni I.) 63-65. KÉE. Kecskemét.
- Kádár I. - Szemes, I.: 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest.
- Kádár I.- Pusztai A.: 1997. N-műtrágyák hatásának vizsgálata tenyészedeny kísérletekben. III. Savanyú homoktalaj (Nyírlugos). Agrokémia és Talajtan. 46:245-258.
- Kádár I.: 1999. Tápanyaggazdálkodás Magyarország homoktalajain. IPI-MTA TAKI. 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.
- Lazányi J.: 1994. Homokjavító vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. DATE Kutató Központja. Nyíregyháza.
- Lazányi J.: 1998. Homoki gazdálkodás a Westsik-féle vetésforgó kísérlet tükrében. In: Homoktalajok hasznosítása. (Szerk: Cserni I.) 76-83. KÉE. Kecskemét.
- Láng I.: 1973. Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. MTA Doktori értekezés. MTA TMB. Budapest.
- Láng I.: 1984. Homoktalajok termőképességének fokozása. Agrokémia és Talajtan. 14:75-87.
- Márton Á.: 1998. Talajhasznosítás és növénytermesztés a nyírségi homokterületeken. In: Homoktalajok hasznosítása. (Szerk: Cserni I.) 92-97. KÉE. Kecskemét.
- Németh T.: 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest

Kiegészítő irodalom a IV.8. alfejezethez

- Aslander, A. (1952): Standard fertilization and liming as factors in maintaining soil productivity. Soil Science. 74(3):181-195.
- Avdonyin, N. Sz. (1972): Savanyú talajok termékenységének fokozása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Baranyai F.- Fekete A.- Kovács I. (1987): A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bascomb, C. (1964): Rapid method for the determination of cation exchange capacity of calcareous and noncalcareous soils. J. Soil Sci. Food Agri. 15:821-823.
- Birch, H. F. (1951): Relationship between base saturation and crop response to phosphate in acid soils. Nature. 168:388-389.
- Coleman, N. T.- Weed, J. B.- Mc Cracken, R. J. (1959): CEC and exchangeable cations in Piedmont soils of N-Carolina. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:146-149.
- Colwell, W. E.- Brady, N. C. (1945): The effect of calcium on yield quality of large-seeded type peanuts. Am. Soc. Agron. 37:413-428.
- Csathó P. (2001): Összefüggés a talajsavanyúság mértéke és a mészhatások között a hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán, 1950-1998. I. A mészformák és a talajtulajdonságok szerepe a mészhatások megjelenésében. Agrokémia és Talajtan. 50:103-118.

- Gedroic, K. K. (1955): Ucsenie o poglotitel'noj szposzobnoszti pocsv. Izbrannüe Szocsinenija. 1:241-384. Szel'hozgiz. Moszkva. (1922).
- Györi D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kádár I. – Vass E.(1988): Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 37:541-547.
- Kádár I. (1998): Savanyú talajok meszezésének szükségessége teljeskörű állami támogatással. In: Talajsavanyodási helyzetkép és megoldások. 11-71. Szerk.: Schmidt R.- Szakál P. PATE, Mosonmagyaróvár.
- Kádár I. (1999): A hazai homoktalajok műtrágyaigényéről. Agrokémia és Talajtan. 48:217-223.
- Kádár I.- Holló S. (2006): Műtrágyázás és meszezés tartamhatása a kompolti talaj tulajdonságaira, valamint a kukorica fejlődésére, termésére és összetételére. Agrokémia és Talajtan. 55: (Megjelenés alatt).
- Kádár I.- Németh T.- Szemes I. (2004): Homokjavítási kutatások. In: Környezetügy. 2004. Tanulmányok Láng István tiszteletére. 161-168. Szerk.: Bulla M.- Kerekes S. Országos Környezetvédelmi Tanács. Friedrich Ebert Alapítvány. Budapest.
- Kádár I.- Pusztai A. (1997): N-műtrágyák hatásának vizsgálata tenyészedény kísérletek-ben. III. Savanyú homoktalaj (Nyírlugos). Agrokémia és Talajtan. 46:245-258.
- Kádár I.- Pusztai A.- Sulyok L. (1987-1988): A meszezés és a műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedény kísérletben. I.Talajvizsgálati és termés eredmények. Agrokémia és Talajtan.36-37:223-238.
- Kappen, H. (1929): Die Bodenazidität. Springer Verlag. Berlin.
- Kjeldahl, J. (1891): Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Zeitschr. f. analyt. Chemie. 22:366-382.
- Lakanen, E.- Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available microelements in soils. Acta Agr. Fenn. 123:223-232.
- Láng I. (1984): Homoktalajok termőképességének fokozása. Agrokémia és Talajtan. 14:75-87.
- Liebig J. v. (1840-1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. Szerk.: Kádár I. (1996): MTA TAKI. Budapest.
- Márton L. (2002): A csapadék és a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L) termése közötti kapcsolat. Növénytermelés. 51:529-542.
- Németh T.- Kádár I. (1998): A meszezés tápanyaggazdálkodási vonatkozásai. Gyakorlati Agrofórum. IX. évf. 4:13-16.
- Palaveev, T.- Totev, T. (1983): Kiszlotnoszt' pocsv i metodü usztranenija. Moszkva, Kolosz.
- Plinius, C. S. (i.sz. 23-79): A természet históriája. Fordította: Tóth Sándor. NATURA. 1987. Pannon Nyomda. Veszprém.
- Pratt, P. F.- Bair, F. L. (1962): Cation exchange properties of some acid soils of California. Hilgardia. 689-706.
- Prjanisnyikov, D. N. (1965): Agrohimija. Izbrannüe Szocsinenija. TOM 1. „Kolosz” Moszkva.
- Schofield, R. K. (1950): Effect of pH on electric charges carried by clay particles. J. Soil Sci. 1:1-8.
- Stefanovits P. (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Stefanovits P. (1996): Hazánk homoktalajainak jellemzése. In: Növénytermesztés homokon. 9-22. Szerk.: Antal J. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Thaer, A. (1809): Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. IV. rész. I. fejezet. A trágyázásban. Szerk.: Kádár I. MTA TAKI. Budapest.
- Várallyay Gy. (1942): Meszezési kísérletek első évi eredményei. Köztelek. 52:725-726.
- Várallyay Gy. (1943): Meszezési kísérletek második évi eredményei. Köztelek. 53:341-342.
- Várallyay Gy.(1994): A nyírlugosi tartamkísérlet talajszelvényeinek leírása és laborvizsgálati eredményei. In: A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. 216-226. (Szerk.: Kádár I.- Szemes I.) MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.

- ANTAL J.-BUZÁS I.-DEBRECENI B.-NAGY M.-SIPOS S.-SVÁB J. /Szerk.: BUZÁS I.-FEKETE A.-BUZÁS I.NÉ-CSENGERI P.NÉ-KOVÁCS Á.NÉ/ (1979): A műtrágyázás irányelvei és üzemi számítási módszer. I. rész. N, P, K műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest. 1-47.p. valamint in: DEBRECZENI B.(1979). Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, in: FARKAS L.
- BUZÁS I.-BARTOS L. - FEKETE A. /Szerk.: BUZÁS I./ (1983): A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, in: ANTAL J.(1983, 1987, 2000): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, ill. Mezőgazda Kiadó Budapest.
- APPEL TH. - MENGEL K. (1990): Importance of organic nitrogen fractions in sandy soils, obtained by electro-ultrafiltration or CaCl₂ extraction, for nitrogen mineralization and nitrogen uptake of rape. Biol. Fertil. Soils. 10. 97-101.
- APPEL TH. - MENGEL K. (1992): Nitrogen uptake of cereals grown on sandy soils as related to nitrogen fertilizer addition and soil nitrogen fractions obtained by electro-ultrafiltration (EUF) and CaCl₂ extraction. 1. 1-9.
- BERÉNYI S., BERTÁNÉ SZABÓ E., PEPÓ P., LOCH J. (2009): A trágyázás és öntözés tartamhatása a 0,01 mol kalcium-kloridban oldható N-frakciókra alföldi mészlepedékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan, 58./2. 251-264.
- BERTÁNÉ SZABÓ, E., LOCH, J., ZSIGRAI, GY., BLASKÓ, L. (2010): Effects of long-term fertilization on the yield of winter wheat and N forms on Luvic Phaeosem soil determined in 0.01 M CaCl₂. Agrokémia és Talajtan, 59./1. 135-144.
- BUZÁS I.-ELEK É.-NYÍRI L.-LOCH J.-KERESZTÉNY B.-KOTZ T. /Szerk.: BUZÁS I.-FEKETE A.-BUZÁS I.NÉ-CSENGERI P.NÉ-KOVÁCS Á.NÉ/ (1979): A műtrágyázás irányelvei és üzemi számítási módszer. II. rész. Ca, Mg és mikroelem műtrágyázási irányelvek. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ, Budapest. 48-66.p. valamint in: DEBRECZENI B.(1979). Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, in: FARKAS L.-BUZÁS I.-BARTOS L.-FEKETE A. /Szerk.: BUZÁS I./ (1983): A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, in: ANTAL J.(1983, 1987, 2000): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, ill. Mezőgazda Kiadó Budapest.
- HOUBA, V. J. G. - NOVOZAMSKÝ, I. - LEXMOND TH. M. - VAN DER LEE J. J. (1990): Applicability of 0.01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21. 2281-2290.
- HOUBA V.J.G. - JÁSZBERÉNYI I. - LOCH J. (1991): Application of 0,01 M CaCl₂ as a single extraction solution for evaluation of the nutritional status of Hungarian soils. Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei, Tom. XXX. 85-89.
- JÁSZBERÉNYI I. - LOCH J. - SARKADI J. (1994): Experiences with 0,01 M calcium chloride as an extraction reagent for use as a soil testing procedure in Hungary. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 25. (9-10). 1771-1777.
- JÁSZBERÉNYI I. - LOCH J. (1995): Soil phosphate adsorption and desorption in 0,01 M calcium chloride electrolyte. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27 (5-8), 1211-1225.
- KULCSÁR L. - DEBRECZENI K. - JÁSZBERÉNYI I. - LOCH J. (1997): Investigation of the soil N-fractions in special consideration of the N-fertilizer recommendation for sugar beet. Poster on the 11th World Fertilizer Congress 7-13. September 1997. Gent, Belgium.
- KÁDÁR I. – Szemes I. (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA – TAKI, Budapest. 25. o.
- KÁDÁR I. – Németh T. – Szemes I. (1999): A nyírlugosi tartamkísérlet 1998 évi eredményei. Kézirat, MTA-TAKI Budapest.
- LÁNG I. (1973): Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajon. Akadémiai doktori disszertáció. Budapest.
- LAZÁNYI, J. - J. LOCH and I. JÁSZBERÉNYI (2002): Analysis of 0.01 M CaCl₂ Soluble Organic Nitrogen in the Treatments of Westsik's Crop Rotation Experiment. In.: Hungarian Contributions to the 17th International Congress of soil Science. Agrokémia és Talajtan Tom. 51. No. 1-2. 79-88. pp.
- LOCH J. (1969): Talajok AL-oldható Mg-tartalma és kapcsolata más módszerek eredményeivel. Debreceni Agrártud. Főisk. Tud. Közl. 15. 133-145.
- LOCH J. (1970): Összefüggések a talaj magnéziumtartalma és a növények által felvett magnézium között. Kandidátusi értekezés. Debrecen.

- LOCH J. (1983): A talajok magnéziumellátottságának vizsgálata. Az agrokémiai kutatások újabb eredményei. (Tudományos Tanácskozások, 1982. márc. 18. és ápr. 2.) Agrártudományi Egyetem Gödöllő, Mezőgazdaságtudományi Kar. Gödöllő-Keszthely 96-107.
- LOCH J. (1985): Characterization of the magnesium status of soils by means of the EUF-Mg fractions. *Plant and Soil* 83. 77-83.
- LOCH J. (2006): Tápanyagvizsgáló módszerek értékelése. In: Loch J., Lazányi J. (ed.) A tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgáló módszerek alkalmazása a Nyírség homoktalajain. Westsik Vilmos Nyírségi Tájfejlesztési Alapítvány. Nyíregyháza. 51-77. p.
- LOCH J. - JÁSZBERÉNYI I. - KÜCKE M. - VÁGÓ I. (1995): Beziehungen unter-schiedlicher P-Extraktionsverfahren zur P-Bilanz. 107. VDLUFA-Kongreß Garmisch-Partenkirchen, Kongreßband, VDLUFA-Schriftenreihe 40 (1995) 209-212.
- LOCH J. - JÁSZBERÉNYI I. (1995): Untersuchung der Phosphatadsorption und -Desorption in Dauerdüngungsversuchen. *Agribiological Research* 48 (1), 53-62
- LOCH J. - KISS SZ. - JÁSZBERÉNYI I. - VÁGÓ I. (1997): Der Nährstoffzustand des Thyrower Versuchsbodens aufgrund von Boden- und Pflanzenanalysen. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 84. 445-448.
- LOCH J. - JÁSZBERÉNYI I. (1997): The 0.01 M CaCl₂ solution as a multi-element soil extractant - application and experiences in Hungary. In: Gy. Filep (ed.) „Land use and Soil Management”, Rexpo Ltd 1997. Debrecen, Hungary pp. 175-184.
- LOCH J. – Jászberényi I. – Nagy P.T. (2002): A kalcium- és magnéziumpótlás jelentősége savanyú magnéziumhiányos nyírségi homoktalajon. In: *Tartamkísérletek, Tájtermesztés, Vidékfejlesztés Nemzetközi Konferencia* (Szerk.: Láng I. – Lazányi J. – Németh T.) I. kötet, 130-135. o.
- LOCH J. (2003): A magnéziumtrágyázás jelentősége a savanyú homoktalajok termékenységének növelésében. In: *Talajjavítás – talajvédelem.* (Szerk.: Györi Z. – Jávör A.) DE ATC 109-115.
- LOCH J. – Kiss Sz. – Vágó I. (2005): A 0,01 M kalcium-klorid talaj-kivonószer alkalmazásának hazai tapasztalatai In: *Fenntartható homoki gazdálkodás a Nyírségben*, (Szerk. Lazányi J.), Kiadó: Westsik V. Nyírségi Tájfejlesztési Alapítvány. 137-155.
- MÁRTON L. (2006): a műtrágyázás, meszezés és a csapadék változékonyságának hatása a tritikále termésére és terméskomponenseire. In: Loch J., Lazányi J. (ed.): *A tápanyag-gazdálkodást segítő talajvizsgáló módszerek alkalmazása a Nyírség homoktalajain.* Westsik Vilmos Nyírségi Tájfejlesztési Alapítvány. Nyíregyháza. 51-77.
- NAGY P. T. - JÁSZBERÉNYI I. (2002): A talaj N-szolgáltató képességének vizsgálata a Westsik vetésforgó kísérletben talajérleléses módszerekkel. Az agrokémia időszerű kérdései (Szerk. Györi Z.- Jávör A.) DE ATC, Debrecen. 193-203.
- NAGY P.T. – JÁSZBERÉNYI I. – LOCH J. (2002): A trágyázás hatása a 0,01 M kalcium-kloridban oldható nitrogénformák mennyiségére a nyírlugosi tartamkísérletben. In: *Tartamkísérletek, Tájtermesztés, Vidékfejlesztés Nemzetközi Konferencia* (Szerk.: Láng I. – Lazányi J. – Németh T.) I. kötet, 143-148. o.
- NÉMETH K. (1972): Bodenuntersuchung mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF) mit mehrfach variiertes Spannung. *Landw. Forsch. Sonderh.* 27/II, 184.
- NÉMETH K. (1976): Die effektive und potentielle Nährstoffverfügbarkeit im Boden und ihre Bestimmung mit Elektro-Ultrafiltration (EUF). Habilitationsschrift, Univ. Giessen.
- NÉMETH, K. (1979): The availability of nutrients in the soil as determined by electro-ultra- filtration (EUF). *Advances in Agronomy* 31 155-188.
- NÉMETH, K. – WICKLICKY, L. (1982): Bestimmung pflanzenverfügbarer Stickstoff-Fraktionen im Boden und Beurteilung des Stickstoffdüngerbedarfs für die Zuckerrübe mit EUF. *Zuckerindustrie* Band 107 958-962.
- PAAUW, F. VAN DER - SISSINGH, H. A. - RIS, J. (1971): Een verbeterde methode van fosfaat-extractie van grond met water: het Pw-getal. Verslagen landbouwk. Onderz., Wageningen 749. 1-64.
- SARKADI J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- STEFANOVITS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó Bp. 411-415.
- ID. VÁRALLYAY GY. (1940): A talaj táplálóanyagának változása és annak vizsgálata. *Mezőgazdasági Kutatások* 13. 71-81.
- WEHRMANN UND SCHARPF, H. C. (1979): Der Mineralstoffgehalt des Bodens als Maßstab für den Stickstoffdüngerbedarf (N_{min} Methode). *Plant and Soil*. 52. 109-126.

VII.SOME LESSONS LEARNED FROM THE NYÍRLUGOS LONG-TERM FIELD EXPERIMENT

ABSTRACT

The paper reports results achieved in a 44-year-old field trial set up on acid sandy brown forest soil in the Nyírség region. Characteristics of the site: pH (KCl) 4.3-4.6, humus 0.5-0.7%, CEC 3-4 meq/100 g in the ploughed layer. The topsoil was poor in all five macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) and the groundwater depth was 2-3 m. Fertilizers applied in form of Ca-ammonium nitrate, superphosphate, potassium chloride, powdered limestone and dolomite. The following conclusions could be drawn:

1. As the result of the regular N fertilization the pH (KCl) value in the topsoil dropped to 3.5 (control plots 4.3), while it rose to 6.4 after addition of 1 t/ha/yr CaCO_3 . As a function of liming, the exchangeable Ca^{2+} enhanced from 0.13 to 2.18 meq/100 g, while Al^{3+} decreased from 0.68 to 0.40, Fe^{2+} from 0.43 to 0.15 meq/100 g; CEC increased from 3.3 to 3.6-3.8, S-value (sum of bases) from 0.4 to 2.5 meq/100 g, base saturation (V) from 12% to 69%.
2. The NH_4 -acetate+EDTA soluble (Lakanen and Erviö 1971) element contents in plowlayer also mirrored the changes caused by liming and fertilization. So, Ca lifted from 87 to 767, Mg from 18 to 97, Mn from 8 to 36, Sr from 0.4 to 2.7, Co from 0.15 to 0.53, Ni from 0.10 to 0.19 mg/kg.
3. Fertilizer responses were time dependent. In the 1st decade of the experiment N alone increased the potato and rye yields. In the 2nd decade, the yield on N-plots declined near to control. In the studied last few years, the yields on N-plots were negligible, the soil lost its fertility and became leached and very acid. To maintain or increase the yields of crops NPKCaMg fertilization was needed. Fertile plots have a pH (KCl) 5.5-6.0, 120-150 mg/kg ammoniumlactate-soluble P_2O_5 and K_2O in plowlayer and require the application of about 150 kg N and 1 t/ha ground dolomite yearly.

Keywords: fertilization, liming, time dependence, responses, long-term field experiment

INTRODUCTION

There is a nearly universal acceptance of the fact that most long-term ecological research is inherently interdisciplinary in nature. The successful performance of long-term field experiments requires the special recognition of certain key elements in the work. The scientific questions and objectives must be clearly defined and stated because they must guide research for several generations of scientists, administrators and funding agencies.

The people involved in the long-term field experiments must possess a shared philosophy, appropriate training, the acceptance of a team leadership, and mutual trust and respect. The site at which long-term field experiments are performed must be representative of the biological and ecological (soil, weather, type of cultivation etc.) setting. Both the site and research programme must have solid financial support and continuity, and they must have a strong group of people associated with them. Of course, the actual application and implementation of long-term field experiments may vary from place to place and time to time.

Every human use of the natural ecosystem results in the removal of material and embodied energy which are later not returned or broken down at the same place. This means that human uses change natural ecosystems through different forms of matter and energy transports, involving removal or supply. Long-term field experiments are vital in order to represent cumulative effects and unusual events caused by human use, agricultural practice, such as cultivation, manuring etc.

Long-term field experiments make visible processes and events often invisible in most short-term experiments. As Magnuson et al. (1983) stated: "Because we are unable to directly sense these slow changes and because we are even more limited in our abilities to interpret cause and effect relations for these slow changes, processes acting over decades are hidden and reside in the invisible present." This is the time scale

of acid deposition, the introduction of synthetic chemicals, acidification of soils, air borne pollution and climate changes made by man.

Slow phenomena, or accumulative changes in soil properties may be captured only in long-term studies. Limited duration might miss important results, or worse, cause the results to be misinterpreted. Experiments in different years yield different results because of weather changes. Long-term experiments are one of the sure ways to determine slow processes.

The various experiments at Rothamsted, including both the classic and modern, symbolize the value of long-term studies in general. The original goals of several of these experiments have long since been fulfilled. However, they continue to be of value as demonstrations, and as sources of continuing insight into agricultural practice (Johnston 1989). In Hungary, most long-term field experiments are less than 50 years old, though this number has been increasing since the late 1980's, as the regional research stations and institutes were established in the late 1950's and 1960's.

MATERIALS AND METHODS

The trial was established in autumn 1962 on brown forest soil, acid sand with thin interstratified layers of colloid and sesquioxide accumulation called "kovárvány". The soil has a particle-size distribution in plow-layer as follows: sand over 0.05 mm 70-85%, loam 0.05-0.002 mm 8-20%, clay under 0.002 mm 3-6%. Clay in colloid accumulation layers makes up to 10-18%. The saturation percentage was 25-30, pH (H₂O) 5.4, pH (KCl) 4.3, humus 0.5-0.8%, CEC 3-5 meq/100 g. The site is situated about 100 m above sea-level with yearly precipitation of 550-600 mm and sunny hours 1900-2000 h/year. The min/max temperature was about -25 C° and +35 C° interval, the watertable level found at a depth of 2-3 m. The site is extremely drought sensitive.

The trial has 32 treatments x 4 replication = 128 plots with 5 x 10 = 50 m² plot size and randomized block design. The forms of fertilizers applied were Ca-ammonium nitrate, superphosphate, muriate of potash, powdered limestone and dolomite. The crop sequence was potato-rye in the first 10 years, than potato-winter wheat (8 years), than followed different crops the next 10 years (like white lupine, sunflower, grasses, spring barley, tobacco). In 1991, the 29th year of the trial, a triticale monoculture was established which is now 16 years old. The nutrients applied in the trial are shown in *table 1*.

Table 1: Fertilization and liming applied in the experiment, kg/ha/year (Brown forest soil, acid sand, Nyírlugos, Nyírség region)

Nutrient levels	Applied nutrients, kg/ha/year				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaCO ₃	MgCO ₃
0	0	0	0	0	0
1	50	60	60	250	140
2	100	120	120	500	280
3	150	180	180	1000	-

Remark: Ca-ammonium-nitrate, muriate of potash, powdered limestone and dolomite

The plant material was analysed after wet ashing with cc.HNO₃ + cc.H₂O₂, for the N determination with cc.H₂SO₄ + cc.H₂O₂ treatment. The soil samples were analysed using NH₄-acetate + EDTA method (Lakanen and Erviö 1971), basic soil properties according to Baranyai et al. (1987), adsorptive soil characteristics according to Bascomb (1964). All the mineral elements were measured using ICP technics. The composite soil samples per plots were made of 20 subsamples, the composite plant samples were made of 1 m² plant material per plot. Material and methods and the main results of the experiment were summarized elsewhere (Láng 1963, 1973, 1984; Kádár és Szemes 1990, 1994; Kádár et al. 1999; Márton 2002 a, b, c).

RESULTS AND DISCUSSIONS

As we can see in *table 2* the value of pH (H₂O) dropped down from 5.4 (control) to 4.6 on the N₃ plot, while lifted up to 6.8 on the limed plot. The pH (KCl) values showed analogue picture between 3.5 minimum and 6.4 maximum. The hydrolytic acidity followed the movement of pH within a 4-14 interval. The humus content did not change significantly in the ploughed layer as a function of fertilization and liming. The NH₄-acetate+EDTA soluble phosphorus and potassium mirrored the P-and K-application. The P-supply of soil turned to a satisfactory, while the K-supply of soil still remained under a satisfactory level in the topsoil. The downward movement of K-fertilizer probably enriched partly the subsoil.

Table 2: Effect of fertilization and liming on the soil chemical characteristics in 2006, in the 44th year of the trial. Ploughed layer.

Treatment code	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	Hydrolytic acidity, y ₁	Humus %	NH ₄ -acetate+EDTA soluble	
					P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg
Control	5.4	4.3	7.6	0.6	92	67
N ₁	5.0	4.2	9.6	0.8	85	43
N ₂	4.7	3.6	12.6	0.8	105	41
N ₃	4.6	3.5	13.6	0.7	89	44
N ₂ P ₁	4.9	3.8	10.6	0.8	135	43
N ₂ P ₂	4.6	3.9	11.6	0.9	158	50
N ₂ P ₃	4.7	3.9	11.6	0.8	191	41
N ₂ K ₁	4.7	3.7	11.4	0.8	101	56
N ₂ K ₂	4.9	3.8	10.4	0.7	92	78
N ₂ K ₃	4.8	3.7	11.1	0.8	99	73
N ₂ P ₂ K ₂	4.8	3.8	11.6	0.8	163	67
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	6.8	6.4	3.6	0.7	225	62
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	6.3	6.0	4.8	0.8	198	69
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	6.7	6.2	3.8	0.7	220	65
LSD _{5%}	0.3	0.5	2.1	0.3	41	12
Mean	5.2	4.3	9.5	0.8	139	57

Table 3 gives an overview about the effect of some treatments on soil chemical properties in the topsoil as a function of pH and the total grain yields of triticale during the last two 4-years periods. The close positive correlations among the pH (H₂O), pH (KCl) and hydrolytic acidity values are unambiguous. The exchangeable cations Al³⁺ and Fe²⁺ dropped down with increasing pH, while Ca²⁺ and Mg²⁺ ions lifting up when Ca or Mg was applied. Exchangeable cations expressed in % the S-value (sum of bases) show relative relationships among these elements.

On the leached and very acid soil Ca²⁺ amounted altogether to 32%, while on the limed one to 88%. In case of Mg²⁺, the N₃ plot soil had 8%, while the fertilized with dolomite one 22% relative weight. The K⁺ made out 22% in the very acid soil, while 6% in the limed soil. Considering the adsorption characteristics, one can state that the cation exchange capacity shows increasing trend. The sum of bases and the % of base saturation enhanced 5-6 times in the limed soils compared to that of the N₃ plot (*Table 3*).

Table 3: Effect of treatments on soil chemical properties in ploughed layer in 2006 and on the cumulative yield of triticale. 2003-2006

Measured and calculated characteristics	Treatments code						LSD ₅ %
	N ₃	N ₂	N ₁	Contro 1	NPKMg	NPKCa	
pH(H ₂ O)	4.6	4.7	5.0	5.4	6.3	6.8	0.3
pH (KCl)	3.5	3.6	4.2	4.3	6.0	6.4	0.5
Hidrolytic acidity (y ₁)	13.6	12.6	9.6	7.6	4.8	3.6	2.1
Exchangeable cations, meq/100 g							
Al ³⁺	0.68	0.72	0.67	0.63	0.48	0.40	0.08
Fe ²⁺	0.43	0.40	0.32	0.25	0.20	0.15	0.07
Ca ²⁺	0.13	0.25	0.41	0.85	1.51	2.18	0.28
Mg ²⁺	0.03	0.04	0.08	0.11	0.49	0.05	0.06
Adsorption characteristics							
CEC, meq/100 g	3.3	3.4	3.4	3.4	3.8	3.6	0.4
S-value, meq/100 g	0.4	0.5	0.7	1.2	2.2	2.5	0.3
Base saturation, %	12	15	21	35	58	69	8
Exchangeable cations as % of sum of bases (S-value)							
Ca ²⁺	32	50	57	71	68	88	11
Na ⁺	28	22	14	9	5	4	7
K ⁺	22	16	13	12	6	6	7
Mg ²⁺	8	8	11	9	22	2	5
NH ₄ -acetate+EDTA soluble, mg/kg							
Fe	152	158	124	104	121	111	25
Al	134	146	123	103	100	103	15
Ca	87	117	161	238	456	767	88
Mg	18	19	25	28	97	22	12
Mn	8	16	28	35	26	36	9
Sr	0.40	0.78	1.20	2.22	2.88	2.76	0.56
Co	0.15	0.30	0.47	0.47	0.35	0.53	0.13
Ni	0.10	0.16	0.16	0.20	0.18	0.19	0.04
Grain yield, t/ha/ 4 yrs*	6.1	9.3	8.6	6.1	18.0	18.5	3.2
Grain yield, t/ha/ 4 yrs**	1.9	4.8	5.5	3.9	10.0	10.6	2.6

*Sum of the 1999-2002. years

**Sum of the 2003-2006. years.

The NH₄-acetate+EDTA soluble element contents change also as a function of the pH (KCl). The content of Fe and Al diminished significantly with the increased pH (KCl) values while the content of Ca, Mg and Mn enhanced. The limed soil was enriched also with microelements Sr, Co and Ni. According to our analysis, the used powdered limestone had 0.3% Mg, 70 mg/kg Mn, 158 mg/kg Sr, 1.3 mg/kg Ni and 0.2 mg/kg Co. The used dolomit powder contained around 24% Ca, 12% Mg, 6-7 mg/kg Mn, 75 mg/kg Sr and 0.4-0.5 mg/kg Ni. The content of Co was under detection limit of 0.08 mg/kg.

The Fe made out 730 mg/kg in limestone and 150 mg/kg in dolomite, while Al was 410 mg/kg in limestone and 140 mg/kg in dolomite powder. In spite of the Fe and Al input, the NH₄-acetate+EDTA soluble Fe and Al content in the ploughed layer diminished. So, the solubility of these elements lessened, assessed with this method. The Sr is usually moving in line with Ca both in rocks and soils which can be followed here. The same time, the very low pool of Mn, Sr, Co and Ni in the extremely acid N₃ soil might be a consequence of leaching of these elements.

Table 4: Effect of fertilization and liming on the yield of triticale in the 41st – 44th years of the experiment. (The 12th – 16th years of the triticale monoculture)

Treatments code	2003		2004		2005		2006	
	Grain	Straw	Grain	Straw	Grain	Straw	Grain	Straw
Control	1.2	1.8	1.8	1.8	0.3	2.3	0.6	0.7
N ₁	1.2	1.8	3.6	3.9	0.3	2.7	0.4	0.6
N ₂	1.1	1.6	3.0	3.5	0.4	2.9	0.3	0.3
N ₃	0.6	1.0	1.1	1.5	0.1	1.2	0.1	0.2
N ₂ P ₁	1.1	1.7	4.0	4.7	0.5	4.3	0.3	0.4
N ₂ P ₂	1.8	2.5	4.6	5.3	0.4	3.2	0.3	0.2
N ₂ P ₃	1.7	2.1	5.0	5.3	0.3	3.2	0.3	0.4
N ₂ K ₁	1.1	1.5	2.2	3.0	0.2	2.1	0.2	0.2
N ₂ K ₂	1.7	2.9	3.2	4.1	0.3	3.0	0.3	0.4
N ₂ K ₃	1.0	1.6	2.3	2.6	0.3	3.0	0.4	0.3
N ₂ P ₂ K ₂	1.7	2.4	4.2	4.5	0.5	4.8	0.4	0.6
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₃	1.8	2.7	5.6	5.8	0.9	9.1	2.1	1.8
N ₂ P ₂ K ₂ Mg ₂	2.2	2.7	5.7	6.1	0.8	7.0	1.3	2.1
N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	2.1	3.3	6.7	6.7	0.9	8.1	1.9	2.5
LSD _{5%}	0.6	0.8	1.5	1.4	0.2	1.8	0.7	0.6
Mean	1.5	2.1	3.8	4.2	0.4	4.1	0.6	0.8

The yield of triticale was depressed on the acidified soil. Fertilizer responses were time dependent (Table 4). In the 1st decade of the experiment N alone increased the potato and rye yields. In the 2nd decade, the yield on N-plots declined near to control. In the studied last few years, the yields on N-plots were negligible, the soil lost its fertility, became leached and very acid. To maintain or increase the yields of crops NPKCaMg fertilization was needed. Fertile plots have a pH (KCl) 5.5-6.0, 120-150 mg/kg ammoniumlactate-soluble P₂O₅ and K₂O in plowlayer and require the application of about 150 kg N and 1 t/ha ground dolomite yearly.

REFERENCES

- Baranyai F.- Fekete A.- Kovács I. (1987): A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Bascomb, C. (1964): Rapid method for the determination of cation exchange capacity of calcareous and noncalcareous soils. J. Soil Sci. Food Agri. 15:821-823.
- Johnston, A.E. (1989): The value of long-term experiments, a personal view. In: Long-term studies in ecology; approaches and alternatives. Ed: Linkens, E.G. 175-179. Springer Verlag. New York. USA.
- Kádár I.- Szemes I. (1990): Műtrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 39:147-155.
- Kádár I. – Szemes I. (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- Kádár I. (1999): A hazai homoktalajok műtrágyaigényéről. Agrokémia és Talajtan. 48:217-223.

- Lakanen, E. & Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agr. Fennica*. 123:223-232.
- Láng I. (1963): A homoktalajok műtrágyázásának kérdései. *MTA Agrártud. Oszt. Közl.* 22:431-434.
- Láng I. (1973): Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Akad. Doktori Disszertáció. Kézirat. MTA. Budapest.
- Láng I. (1984): Homoktalajok termőképességének fokozása. *Agrokémia és Talajtan*. 14:75-87.
- Magnuson, J.J., Bowser, C.J. & Beckel, A.L. (1983): The invisible present, long-term ecological research on lakes. *L and S Magazine*. College of Letters and Science. Univ. Wisconsin-Madison. Fall. 3-6.
- Márton L. (2002a): A csapadék és a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51:529-542.
- Márton L. (2002b): A csapadék és tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a tritikale termésére tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51:687-701.
- Márton L. (2002c): Az éghajlatingadozás és a N-műtrágyázás hatása a rozs (*Secale cereale* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51:199-210.

VIII.

☞ Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet munkatársainak kiadványai ☞

1. ELEK ÉVA & KÁDÁR IMRE (1980): Álló kultúrák 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 agrár-termelés. 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 oldal.
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 & HARNOS 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.

Beszerezhető a szerzők címén: 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Postacím: 1525 Budapest, Pf. 35. Tel./Fax: 212-2265

illetve letölthetők az MTA TAKI <http://www.taki.iif.hu/hungarian/agrok/kadar/framem.htm>
honlapról