

Mútrágyázás hatása a mustár termésére és elemfelvételére

KÁDÁR IMRE

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

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

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

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

A talaj fizikai féleségével és az előveteménnyel szemben a növény nem különösebben igényes, de rövid tenyészideje alatt nagymennyiségű vizet és táp-
elemet kell felvennie. CSERHÁTI (1901) ezért hangsúlyozza, hogy a mustár nagy

Postai cím: Dr. KÁDÁR IMRE, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15. *E-mail:* kadar@rissac.hu

terméseket csak a jó erőben levő talajon ad. Megjegyzi még, hogy „... nálunk nagyon elvételez termelik, mert a száraz klíma alatt nem jól díszlik. Ápolásban rendszeresen nem részesül.” GRÁBNER (1948) szintén kiemeli, hogy nagyobb termésre az istállótrágyázott kapás után számíthatunk „a meszes, igényes talajon”. MINKEVICS és BORKOVSKIJ (1951) a trágyaszegény oroszországi körülmények között úgy gondolják, hogy a mustár termesztésére legalkalmasabb a tápanyagban gazdag feltört ugar, parlag vagy a szűzföld talaja.

Az istállótrágya lassan feltáródó tápanyagait a mustár csak részben képes rövid tenyészideje alatt hasznosítani, nagy vegetatív tömeg és kevés mag képződik, az érés elhúzódik. Szerves trágyát az elővetemény alá kell kiadni (PRJANISNYIKOV, 1965). A bőséges istállótrágyázásban részesült mustár BECKER–DILLINGEN (1934) szerint ugyanis „nem hagyja abba a virágzást”. Megemlíthető még, hogy a növény érzékeny a talajszennyezésre, növényvédőszer-maradványokra és a talajsavanyúságra egyaránt. E tekintetben gyakran indikátor növényként szerepel, mint „mustár-teszt” a vonatkozó vizsgálatokban.

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

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, az MTA TAKI nagy-hörcsöki kísérleti telepén. A termőhely löszön képződött meszes csernozjom talaja mintegy 5 % CaCO_3 -ot és 3 % humuszt tartalmaz a szántott rétegben. A pH(KCl) 7,3; az AL-oldható P_2O_5 -, ill. K_2O -tartalom 60–80, ill. 140–160 mg/kg; KCl–Mg 150–180 mg/kg; az EDTA–Mn 80–150, EDTA–Cu 2–3 és EDTA–Zn 1–2 mg/kg értékkel jellemezhető. A MÉM NAK (1979) által elfogadott határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn-, kielégítő Mg- és Cu-, közepes N- és K-, valamint gyenge P- és Zn-ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13–15 m mélyen található, a terület az Alföldhöz hasonlóan aszály-érzékeny.

1973 óta P- és K-műtrágyákat, valamint a N felét őszei szántás előtt, a N másik felét tavasszal szórtuk ki 25–28 %-os pétisó, 18 %-os szuperfoszfát és 40–60 %-os kálisó formájában. A N-műtrágyázás 0, 100, 200 és 300 kg/ha adagot jelentett évente. A P- és K-trágyázás 0, 500, 1000 és 1500 kg/ha P_2O_5 , ill.

K₂O feltöltő adaggal történt, a későbbi években a PK-szintek fenntartására törekedtünk, 5–10 évente megismételve a feltöltést. A NPK-trágyákat 4–4 szinten adagolva 1973 őszén minden lehetséges kombinációt beállítottunk 4x4x4=64 kezeléssel és 2 ismétléssel, összesen 128 parcellával. A parcellák mérete 6x6=36 m², a parcellák elrendezése kevert faktoriális. A kísérleti terv, ill. a felhasznált adagok lehetővé tették, hogy valamennyi olyan tápláltsági állapotot (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott) és azok változatait létrehozzuk, amelyek a gyakorlatban is előfordulnak, vagy előfordulhatnak a jövőben (KÁDÁR & ELEK, 1999).

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

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

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

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

A kísérletben alkalmazott műtrágyázást, valamint a talaj oldható elemkészletének adatait az 1. táblázat tartalmazza. 1985 tavaszán (a mustár vetésekor) a

1. táblázat
Az alkalmazott műtrágyázás és a talaj oldható elemkészlete
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Műtrágyázás, talajmintavétel	(2) Műtrágyázási szintek (1973–1985)				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha/év	0	100	200	300	-	150
N kg/ha/12 év	0	1200	2400	3600	-	1800
P ₂ O ₅ kg/ha/12 év	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O kg/ha/12 év	0	1500	3000	4500	-	2250
<i>A. NO₃-N kg/ha vetéskor (N-szinteken)</i>						
0–20 cm	40	44	56	60		50
20–40 cm	20	39	40	48	26	37
40–60 cm	40	45	82	133		75
0–60 cm	100	128	178	241	18	162
<i>B. Ammónium-laktát (AL) -oldható P₂O₅ mg/kg (P-szinteken)</i>						
0–20 cm	89	142	255	384	21	218
<i>C. Ammónium-laktát (AL) -oldható K₂O mg/kg (K-szinteken)</i>						
0–20 cm	140	220	361	468	24	297

Megjegyzés: A mintavétel és a vizsgálat 1986-ban történt

12 éve trágyázatlan talaj 0–60 cm rétege még 100 kg/ha NO₃-N-t tartalmazott. Az évente 300 kg N/ha trágyázotton ez a készlet 241 kg/ha-ra nőtt, döntően a 40–60 cm rétegben akkumuláltan. A szántott rétegben az AL-oldható P₂O₅-, ill. K₂O-tartalmak egyaránt tükrözik a gyenge, közepes, kielégítő és túlzott ellátottsági szinteket. A talajmintavétel a 0–20 cm rétegből történt parcellánként 1986-ban, 20–20 pontmintából képzett átlagmintákkal.

A NxPxK másodrendű kölcsönhatások a kísérletben általában nem voltak igazolhatók, így ismétlésül szolgálhattak. A kéttényezős NxP, NxK, PxK táblázatok közül hely hiányában csak azokat mutatjuk be a 3. tényező (tehát összesen 8–8 ismétlés) átlagában, ahol a kölcsönhatások kifejezettek. Amennyiben az ilyen elsőrendű kölcsönhatások sem érdemlegesek, csak a főhatásokat (N, P, K) közöljük (32–32 ismétlés átlagában). A kétirányú vagy kéttényezős eredménytáblázatokban az SzD_{5%} értékek azonosak a sorokra és az oszlopokra, így azokat csak egyszer tüntetjük fel. Az előző évi repcekísérletünk eredményeit korábbi közleményünk taglalta (KÁDÁR et al., 2001).

Az 1974–1984 közötti növényi sorrend az alábbi volt: búza–búza–kukorica–kukorica–burgonya–őszi árpa–zab–cukorrépa–napraforgó–mák–repce. Az őszi káposztarepce betakarítása után tarlóhántást végeztünk, majd 1984. október 25-én szántottuk alá a parcellákra kézzel kiszórt műtrágyaadagokat. A tavaszi magágykészítést a tárcsázás, kombinátorozás és a fogasolás jelentette. A vetést könnyű hengerrel zártuk le.

Kísérleti eredmények és következtetések

A mustár fejlődését, termését döntően a NxP-ellátás határozta meg. A nitrogénnel és foszforral egyaránt bőségesen ellátott kezelésekben az állomány buján fejlődött, haragoszöld színt mutatott és nagyobb víztartalommal rendelkezett. A légszáraz anyag törózsás korban és virágzaskor átlagosan 12 %-ot, míg érés idején 31 %-ot tett ki. A N-trágyázás törózsás állapotban 2, virágzaskor 5, érés idején közel 10 %-os szárazanyag-csökkenést okozott. A P-trágyázás 4–5, a K-trágyázás 1–2 %-kal ugyancsak mérsékelte a szárazanyagot a törózsás kori és az érés kori föld feletti hajtásban. A július 15-én végzett bonitálás szerint a trágyázatlan talajon elvirágzott, érésben előrehaladott barnuló állományt, míg az NPK-túltrágyázott kezelésekben zöld, 5–10 %-ban még virágzó növényeket találtunk.

A hajtás légszáraz tömege május 23-án 0,9, június 3-án 2,7, július 15-én 7,8 t/ha mennyiséget tett ki átlagosan. A szárazanyag-gyarapodás imponáló, hiszen nem egészen 2 hónap alatt a föld feletti tömeg 8–10-szeresére nőtt. Májusban a P-hatások, éréskor már a N-hatások domináltak. A 2. táblázatban bemutatott eredményeink szerint az együttes NP-trágyázás nyomán a hozamok 2–2,5-szeresre emelkedtek. A K-trágyázás mérsékeltén, átlagosan 10 %-kal szintén növelte a hajtás tömegét. A friss, zöldhajtás tömege május 23-án 2–15 (átlag 8 t/ha), június 3-án 11–36 (átlag 23 t/ha), július 15-én 11–44 (átlag 27 t/ha) között ingadozott az NPK-ellátás függvényében.

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

Amint a 3. táblázatban megfigyelhető, a N-kínálat javulásával minden növényi szervben igazolhatóan nőtt a N %-a. Nitrogénben a leggazdagabb a törózsás kori hajtás és magtermés volt. A főbb kationok (K, Ca, Mg) beépülését a növények fiatal hajtásába a N-bőség ugyancsak serkentette. A betakarításkori szár, becő és mag a kalcium és magnézium esetében már nem mutatta ezt a serkentő hatást, míg a kálium dúsulása a szárban és becőben továbbra is fennállt a N hatására. A kálium döntően a fiatal hajtásban, a kalcium a hajtásban és a becőben, míg a magnézium a törózsás kori hajtásban és a magtermésben akkumulálódott.

Látványosan emelkedett a P-tartalom minden növényi szervben a P-ellátással. Nőtt ugyanitt általában a Ca- és Mg-koncentráció is, míg a P-Zn antagonizmus eredményeképpen a Zn-beépülés gátolt volt. Feltehető a latens, P-indukálta

2. táblázat
A NxP-ellátás hatása a mustár légszáraz termésére 1985-ben, t/ha
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

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

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

Zn-hiány kialakulása ezen a cinkkel eredetileg is gyengén ellátott talajon. A szár jelezte a legkifejezettebben a Zn-tartalom csökkenését. A 4. táblázat adatai szerint a magtermés gazdag foszforban, mely általában is jellemző az olajos magvakra. Maximális Zn-koncentrációkat a fiatal hajtásban és a magtermésben találunk.

3. táblázat
A N-ellátás hatása a légszáraz mustár elemtartalmára 1985-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

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

Megjegyzés: ¹: május 23-án törzssás korban; ²: június 3-án virágzáskor; ³: július 15-én érés-kor; ⁴: augusztus 22-én aratáskor

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

4. táblázat
A P-ellátottság hatása a légszáraz mustár elemtartalmára 1985-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhorcsök)

(1) Növényi szervek	(2) AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	89	142	255	384	21	218
	<i>P %</i>					
a) Hajtás ¹	0,27	0,40	0,46	0,49	0,02	0,41
a) Hajtás ²	0,33	0,38	0,42	0,46	0,02	0,40
a) Hajtás ³	0,28	0,36	0,40	0,44	0,02	0,37
b) Szár ⁴	0,07	0,10	0,13	0,14	0,02	0,11
c) Becő ⁴	0,09	0,15	0,23	0,29	0,03	0,19
d) Mag ⁴	0,63	0,74	0,84	0,84	0,08	0,76
	<i>Ca %</i>					
a) Hajtás ¹	2,34	2,48	2,64	2,70	0,02	2,54
a) Hajtás ²	2,00	1,90	1,92	2,12	0,02	1,98
a) Hajtás ³	1,66	1,92	2,01	2,00	0,10	1,91
b) Szár ⁴	1,16	1,20	1,21	1,20	0,13	1,19
c) Becő ⁴	1,88	2,21	2,48	2,54	0,18	2,28
d) Mag ⁴	0,41	0,47	0,50	0,52	0,05	0,48
	<i>Mg %</i>					
a) Hajtás ¹	0,47	0,37	0,35	0,36	0,03	0,39
a) Hajtás ²	0,24	0,22	0,23	0,23	0,02	0,23
a) Hajtás ³	0,22	0,26	0,26	0,26	0,02	0,25
b) Szár ⁴	0,08	0,10	0,10	0,10	0,01	0,10
c) Becő ⁴	0,14	0,18	0,20	0,20	0,04	0,18
d) Mag ⁴	0,25	0,29	0,31	0,30	0,03	0,29
	<i>Zn, mg/kg</i>					
a) Hajtás ¹	47	42	39	36	4	41
a) Hajtás ²	43	38	27	24	6	33
a) Hajtás ³	23	20	17	15	2	19
b) Szár ⁴	13	12	7	6	3	10
c) Becő ⁴	16	14	13	12	2	14
d) Mag ⁴	39	35	32	30	4	34

Megjegyzés: lásd 3. táblázat

A mag Na-tartalma 15–20 mg/kg között ingadozott a kezelésektől függetlenül. Ezzel szemben a vegetatív növényi részekben a Na-koncentráció 1 vagy 2 nagyságrenddel megemelkedett és extrém módon jelezte a NxP-ellátottsági szituációkat, együtt nőtt a NP-kínálattal. A N₀P₀- és N₃P₃-kezelésekben mért Na-koncentrációk az alábbiaknak adódtak: becőben 79 és 388, szárban 200 és 2200, érészkori hajtásban 500 és 2300, virágzaskori hajtásban 1000 és 4000, tőrőzsáskorú hajtásban 800 és 3300 mg/kg légszáraz anyag. A kontrollhoz viszo-

5. táblázat
A K-ellátottság hatása a légszáraz mustár elemtartalmára 1985-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

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

Megjegyzés: lásd 3. táblázat

nyított Na-tartalom tehát az együttes NP-túlsúly nyomán 4–11-szeres emelkedést mutatott. A nátrium luxusfelvételét (hasonlóan a Zn kiürüléséhez, hiányához) legkifejezettebben a szártermés mutatta. A szár, mint a tápanyagok tárolásának szerve, jó indikátor.

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

6. táblázat
A P-ellátottság hatása a légszáraz mustár főbb elemarányaira 1985-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) Növényi szervek	(2) AL-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	89	142	255	384	21	218
	<i>P/Cu arány</i>					
a) Hajtás ¹	411	646	721	804	84	646
a) Hajtás ²	460	657	700	781	88	650
a) Hajtás ³	577	728	823	830	64	740
b) Szár ⁴	221	288	387	411	42	327
c) Becő ⁴	171	266	372	468	39	319
d) Mag ⁴	1099	1276	1436	1291	106	1276
	<i>P/Zn arány</i>					
a) Hajtás ¹	59	102	133	136	22	108
a) Hajtás ²	84	125	177	218	24	151
a) Hajtás ³	126	170	243	296	39	209
b) Szár ⁴	84	127	272	284	35	192
c) Becő ⁴	60	128	194	200	32	146
d) Mag ⁴	163	216	262	271	28	228
	<i>P/Mn arány</i>					
a) Hajtás ¹	12	26	30	35	7	26
a) Hajtás ²	49	67	77	76	8	67
a) Hajtás ³	90	121	129	142	14	121
b) Szár ⁴	47	61	81	99	17	72
c) Becő ⁴	13	20	26	31	8	22
d) Mag ⁴	232	273	296	304	19	276
	<i>N/P arány</i>					
a) Hajtás ¹	13	10	9	8	2	10
a) Hajtás ²	11	9	8	7	2	9
a) Hajtás ³	8	7	6	5	1	6
b) Szár ⁴	13	10	8	7	2	10
c) Becő ⁴	12	9	6	5	2	8
d) Mag ⁴	8	7	6	6	1	7
	<i>P/Mg arány</i>					
a) Hajtás ¹	0,6	1,1	1,4	1,4	0,2	1,1
a) Hajtás ²	1,4	1,4	1,9	2,0	0,2	1,8
a) Hajtás ³	1,3	1,4	1,6	1,7	0,2	1,5
b) Szár ⁴	0,9	1,0	1,2	1,6	0,2	1,2
c) Becő ⁴	0,6	0,9	1,2	1,5	0,3	1,0
d) Mag ⁴	2,5	2,6	2,7	2,8	0,2	2,6

Megjegyzés: lásd 3. táblázat

7. táblázat
A N-ellátás hatása a mustár elemfelvételére 1985-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörsök)

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

Megjegyzés: lásd 3. táblázat

A K-hoz viszonyított elemarányok is látványosan módosultak a K-ellátottság növelésével. Így pl. a törzszakori hajtásban a kontrollparcellán mért K/Na aránya 16-ról 63-ra, a K/Mg aránya 6-ról 16-ra, a K/P aránya 7-ről 12-re, a K/Ca aránya 1,0-ről 2,1-re tágult a maximális K-ellátottságú kezelésben. A terjedelmes táblázat bemutatásától hely hiányában eltekintünk, az elemarányok a koncentrációkból (3.–5. táblázatok) számíthatók.

A bemutatott koncentrációk és elemarányok változása arra utalt, hogy a tenyészidő elején vett törzszakorú hajtás, valamint az aratáskori szalma összeté-

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

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

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

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

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

Amennyiben kombájn betakarításnál csak a magtermést vesszük el a tábláról, a talaj érdemben csupán nitrogénben és foszforban szegényedik. Így pl. egy

8. táblázat
A NxP-ellátás hatása a mustár aratáskori összes elemfelvételére 1985-ben
(Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörcsök)

(1) AL-P ₂ O ₅ , mg/kg	(2) N-ellátás, kg N/ha/év				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	100	200	300		
<i>N, kg/ha</i>						
89	78	101	124	128	32	108
142	81	158	185	190		154
255	86	164	188	202		160
384	91	163	192	199		161
a) Átlag	84	146	172	180	16	146
<i>P, kg/ha</i>						
89	10	11	13	13	3	12
142	13	21	22	24		20
255	15	26	27	29		24
384	17	26	29	31		26
a) Átlag	14	21	23	24	2	20
<i>K, kg/ha</i>						
89	15	20	24	27	5	22
142	19	33	40	44		34
255	21	38	43	45		37
384	20	37	43	47		37
a) Átlag	19	32	38	41	3	32
<i>Ca, kg/ha</i>						
89	40	56	65	67	10	57
142	47	95	94	108		86
255	51	94	106	116		92
384	52	89	109	118		92
a) Átlag	48	83	94	102	5	82
<i>Mg, kg/ha</i>						
89	6	7	8	8	2	7
142	7	13	13	14		12
255	8	14	15	15		13
384	8	12	15	15		12
a) Átlag	7	11	13	13	1	11

Megjegyzés: Szár + becő + mag együtt

kielégítő 3 t/ha magtermésnél, hasonló termesztési körülmények között az alábbi elemvesztésekkel számolhatunk az eltávozó magterméssel: 35 kg N, 38–40 kg K₂O, 48 kg P₂O₅, 21 kg Ca és 14 kg Mg ha-onként. Kötöttebb és meszes talajainkon a K-, Ca- és Mg-vesztései még hosszabb távon is elhanyagolhatóak. Ezzel szemben ki kell emelni a mustár rendkívüli Ca- és K-igényét a

9. táblázat

A mustár minimális és maximális elemfelvétele a tápláltság függvényében a tenyészidő során (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörscök, 1985)

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

Megjegyzés: * Becőben 80–800 g/ha, magtermésben 22–46 g/ha Na; ** Fe máj. 23-án 0,45 %, jún. 3-án 382 mg/kg, júl. 15-én 235 mg/kg, aug. 22-én a szárban 123 mg/kg, becőben 0,22 %, magban 194 mg/kg átlagos koncentrációval

10. táblázat

A mustár aratáskori föld feletti részébe épült elemek extrém, átlagos és fajlagos értéke 1985. augusztus 22-én (Karbonátos csernozjom talaj, Nagyhörscök)

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

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

tenyészidő folyamán. Ezt a hatalmas igényt a káliumban szegény homok-, ill. a kalciummal és magnéziummal rosszul ellátott savanyú talajok nem képesek fedezni. Ilyen viszonyok között bőséges K-, Ca- és Mg-utánpótlásról szükséges gondoskodni meszezéssel és trágyázással.

A hazai szaktanácsadásban elfogadott fajlagos mutató: 50 kg N, 25 kg P₂O₅, 40 kg K₂O, 35 kg CaO, 3 kg MgO az 1 t tervezett magtermés és a hozzá tartozó melléktermés tápelemigényének számításakor (ANTAL, 1987; FÖLDESI, 1994). MINKEVICS és BORKOVSKIJ (1951) 2 t melléktermés és 0,8 t/ha magtermésnél 72 kg N, 28 kg P₂O₅ és 54 kg K₂O fajlagos tartalomra utal. Saját kísérletünk eredményeit értékelve megállapítható, hogy az általunk mért fajlagosok a hazai szaktanácsadásban elfogadottaktól jelentősen eltérnek (10. táblázat). Egyezést csupán a P₂O₅-tartalom jelez. A K₂O 45 %-kal kisebb, míg a N 62, a Ca 83, a Mg 313 %-kal nagyobb értéket mutat. Meszes talajunkon érthető a Ca és Mg többlete. Az alacsony fajlagos N-tartalom viszont megkérdőjelezhető szaktanácsadásunkban.

Összefoglalás

Karbonátos vályog csernozjom talajon, egy műtrágyázási tartamkísérlet 12. évében vizsgáltuk az eltérő N-, P- és K-ellátottsági szintek és kombinációik hatását a dán eredetű (Budakalászi sárga fajta) mustár szerveinek ásványi összetételére a tenyészidő és a talaj NPK-kínálata függvényében. Javaslatokat fogalmaztunk meg a növény tápláltsági állapotát jellemző diagnosztikai határkoncentrációkra, valamint a tervezett termés elemszükségletét kifejező fajlagos elemtartalmakra. A termőhely talaja a szántott rétegben 3 % humuszt, 5 % CaCO₃-ot és 20 % agyagot tartalmazott. A kísérlet 4N×4P×4K = 64 kezelést × 2 ismétlést = 128 parcellát foglalt magában. Műtrágyaként 25 %-os péthisót, 18 %-os szuperfoszfátot és 50 %-os kálisót alkalmaztunk. Főbb eredményeink:

– A mustár szerveinek tömege átlagosan 2,5-szeresére emelkedett a kontrollhoz viszonyítva a kiegyensúlyozott NxP-trágyázással. Optimális ellátottságot az évenként adott 200 kg/ha N-, valamint a talaj szántott rétegének 140–150 mg/kg ammónium-laktát (AL)-oldható P₂O₅-, ill. 150–200 mg/kg AL-oldható K₂O-tartalma biztosította A magtermés itt 2,4 t/ha-ra emelkedett az abszolút kontrollon mért 1,0 t/ha-ról.

– A javuló N-kínálattal nőtt a növényi szervek N %-a, valamint a főbb kationok (K, Ca és Mg) koncentrációja. A P-ellátás javulása serkentette a P, Ca és Mg, ill. gátolta a Zn beépülését a P–Zn antagonizmus nyomán. A K-trágyázás a vegetatív növényi részek K-akkumulációjához, valamint a K–Ca és K–Mg antagonizmus eredményeképpen a Ca- és Mg-koncentrációk mérsékléséhez vezetett.

– A törzszakorú hajtás összetétele képes kielégítően tükrözni a növények tápláltsági állapotát és alkalmas diagnosztikai célokra. Optimális összetételt a 4,0–4,5 % N és K, a 0,35–0,45 % P, illetve a 8–12 körüli N/P és K/P, valamint a

0,8–1,2 N/K arány jelentheti. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadásban, a tavaszi fejtrágyaigény megállapításában.

– A mustár trágyaigényes kultúra. Érés kezdetén a föld feletti biomassza 255 kg N, 194 kg Ca, 192 kg K és 26 kg Mg felvételét mutatta. Betakarításig azonban a leszáradó lombbal elvesztette tömegének 20, a felvett foszforának 16, nitrogénnek 22, kalciumnak 39, magnéziumnak 42, K-készletének 75 %-át. A K 3/4-e az elszáradó lombbal és a kimosódással visszakerült a talajba.

– Az 1 t mag + a hozzá tartozó szár és becőtermés fajlagos elemigénye 81 kg N-, 46 kg Ca- (64 kg CaO), 18 kg K- (22 kg K₂O), 11 kg P- (25 kg P₂O₅), 6 kg Mg- (9,4 kg MgO), 2 kg Na-, 2 kg Fe-, 122 g Mn-, 67 g Zn- és 18 g Cu-mennyiséget jelzett ha-onként. Amennyiben csak a magtermés kerül el a tábláról kombájnláskor, a 3 t/ha körüli kielégítő magterméssel 135 kg N-, 38–40 kg K₂O-, 48 kg P₂O₅-, 21 kg Ca- és 14 kg Mg-veszteséggel számolhatunk ha-onként. Kötöttebb és meszes talajon a K-, Ca- és Mg-veszteség elhanyagolhatóvá válik. Ezzel szemben a savanyú és káliumban szegény talajokon a növény bőséges K-, Ca- és Mg-pótlást igényelhet.

Kulcsszavak: mustár, NPK-ellátás, levélanalízis, elemakkumuláció, szaktanácsadás

Irodalom

- ANTAL J., 1987. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BECKER–DILLINGEN, J., 1934. Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Paul Parey Verlag. Berlin.
- CSERHÁTI S., 1901. Általános és különleges növénytermelés. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- FÖLDESI D., 1994. A mustár termesztése. Agrofórum. **5.** 41–42.
- GEISLER, G., 1998. Pflanzenbau. Paul Parey Verlag. Berlin–Hamburg.
- GRÁBNER E., 1948. Szántóföldi növénytermesztés. 3. átdolgozott és bővített kiadás. „Patria” Irodalmi Vállalat és Nyomdaipari Rt. Budapest.
- KÁDÁR I. & ELEK É., 1999. A búza (*Triticum aestivum* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. **48.** 677–690.
- KÁDÁR I. et al., 2001. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. I. Növénytermelés. **50.** 559–573.
- LÁNG G., 1976. Szántóföldi növénytermelés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MÉM NAK, 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ. Budapest.
- MINKEVICS, I. V. & BORKOVSKIJ, A., 1951. Olajnövények. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- PRJANISNYIKOV, D. N., 1965. Cszasztnoe zemledelie. Izbrannüe szocsinenija. II. Izd. „Kolosz”. Moszkva.

Érkezett: 2002. május 25.

Effect of Mineral Fertilization on the Yield and Nutrient Uptake of Mustard

I. KÁDÁR

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

The effect of different N, P and K supply levels and combinations on the mineral composition of the organs of a mustard variety of Danish origin (Budakalászi sárga) was investigated as a function of the vegetation period and the NPK supplies of the soil in the 12th year of a long-term fertilization experiment set up on calcareous chernozem soil. Recommendations were made on the diagnostic concentration limits characteristic of the plant nutritional status and on specific element contents expressive of the nutrient requirements of the planned yield. The ploughed layer of the soil of the growing site contained 3% humus, 5% CaCO₃ and 20% clay. The experiment involved 4N×4P×4K = 64 treatments in 2 replications, on a total of 128 plots. Fertilization was applied in the form of 25% calcium ammonium nitrate, 18% superphosphate and 50% potassium chloride. The main results were as follows:

1. The mass of the mustard organs rose 2.5 times on average compared to the control in the case of balanced N×P nutrition. The optimum supply level was achieved with 200 kg N/ha a year, and ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅ and K₂O contents of 140–150 mg/kg and 150–200 mg/kg, respectively, in the ploughed layer. In this case the seed yield rose from 1.0 t/ha in the absolute control to 2.4 t/ha.

2. As the N supplies improved there was an increase in the N% of the plant organs and in the concentrations of major cations (K, Ca and Mg). An improvement in the P supplies stimulated the incorporation of P, Ca and Mg but inhibited that of Zn, due to P–Zn antagonism. K fertilization led to K accumulation in the vegetative plant organs and, as the result of K–Ca and K–Mg antagonism, to a lowering of the Ca and Mg concentrations.

3. The composition of the rosette-stage shoot adequately reflected the nutritional status of the plant and was suitable for diagnostic purposes. The optimum composition was 4.0–4.5% N and K, 0.35–0.45% P, N/P and K/P ratios of around 8–12, and an N/K ratio of 0.8–1.2. These data could be used as guidelines for the extension service and for determining the need for topdressing in spring.

4. Mustard is a crop with a high fertilizer requirement. At the beginning of ripening the aboveground biomass indicated an uptake of 255 kg N, 194 kg Ca, 192 kg K and 26 kg Mg. By harvesting, however, the crop had lost 20% of its mass and 16% of the absorbed P, 22% of the N, 39% of the Ca, 42% of the Mg and 75% of the K with the fallen foliage. Three-quarters of the K was thus returned to the soil with the withered foliage and through leaching.

5. The specific element requirements of 1 t seed + the relevant stem and pod yield amounted to 81 kg N, 46 kg Ca (64 kg CaO), 18 kg K (22 kg K₂O), 11 kg P (25 kg P₂O₅), 6 kg Mg (9.4 kg MgO), 2 kg Na, 2 kg Fe, 122 g Mn, 67 g Zn and 18 g Cu per hectare. If only the seed yield is removed from the field at harvesting, an adequate seed

yield of around 3 t/ha can be expected to involve losses of 135 kg N, 38-40 kg K₂O, 48 kg P₂O₅, 21 kg Ca and 14 kg Mg per hectare. On heavier or calcareous soils the K, Ca and Mg losses are negligible. On acidic soils and those poor in K, however, the crops require plentiful K, Ca and Mg replacement.

Table 1. Fertilizer application and the soluble nutrient reserves of the soil (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) Fertilization, soil sampling. (2) Fertilization levels (1973–1985). (3) LSD_{5%}. (4) Mean. A. NO₃-N kg/ha at sowing (averaged over N levels). B. Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg (averaged over P levels). C. Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg (averaged over K levels).

Table 2. Effect of N×P supplies on the air-dry yield of mustard, 1985, t/ha (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) P supplies, AL-P₂O₅, mg/kg. (2) N supplies, kg N/ha/year. (3)–(4): see Table 1. A. Rosette-stage shoot (May 22). B. Shoot at flowering (June 3). C. Aboveground mass at maturity (July 15). D. Stem + pod (August 22). E. Seed yield (August 22). Note: K fertilization led to an 8–10% yield surplus on average. The pod yield fluctuated between 1.0–2.0 t/ha and the total aboveground yield between 3.9–8.0 t/ha as a function of the NP supplies.

Table 3. Effect of N supplies on the nutrient contents of air-dry mustard, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) Plant organs. a) shoot; b) stem; c) pod; d) seed. (2)–(4): see Table 2. Note: ¹: in the rosette stage on May 23; ²: at flowering on June 3; ³: at maturity on July 15; ⁴: at harvest on August 22.

Table 4. Effect of P supplies on the nutrient contents of air-dry mustard, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1), (3)–(4): see Table 3. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg.

Table 5. Effect of K supplies on the nutrient contents of air-dry mustard, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1), (3)–(4): see Table 3. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg.

Table 6. Effect of P supplies on the main element ratios of air-dry mustard, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1), (3)–(4): see Table 3. (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg.

Table 7. Effect of N supplies on the element uptake of air-dry mustard, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1)–(4): see Table 3.

Table 8. Effect of N×P supplies on the total element uptake of mustard at harvest in 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1)–(4): see Table 2.

Table 9. Minimum and maximum element uptake of mustard during the vegetation period as a function of nutrient supplies, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) Element symbol. (2) Shoot: on May 23, June 3, July 15. (3) Stem. (4) Pod. (5) Seed. (6) at harvest (Aug. 22). Note: * 80–800 g/ha Na in the pod, 22–46 g/ha in the seed yield. ** Average concentration of Fe: May 23: 0.45%, Jun. 3: 382 mg/kg, Jul. 15: 235 mg/kg, Aug. 22: 123 mg/kg in the stem, 0.22% in the pod, 194 mg/kg in the seed.

Table 10. Extreme, mean and specific values of elements incorporated into the aboveground organs of mustard at harvest on August 22, 1985 (calcareous chernozem soil, Nagyhöröcsök). (1) Element symbol. (2) Total uptake (stem+pod+seed). (3) Min.–Max. (4) Mean. (5) Ratio in the seed yield. (6) Mean specific content. Note: * In 1 t seed + the relevant stem and pod by-products. ** In the case of combine harvesting, if only the seed is removed from the field.