

Nitrogén, réz és molibdén kölcsönhatások repcére (*Brassica napus* L.)

KÁDÁR IMRE

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A repce trágyaigényes kultúra. Érzékeny az aszályra, tápelem-hiányra és a rovarkártevőkre egyaránt. Hagyományosan a trágyázott fekete ugarba került a jövedelmezőbb termelés érdekében, mert CSERHÁTI (1901) szerint „a sovány földben repczét termelni kárba veszett fáradság.” Sokoldalúan hasznosítható: szerepelhet a zöld takarmánykeverékekben, legeltethető, zöldtrágyanövény, karógyökere a talaj szerkezetét javíthatja, olaja keresett és drága, pogácsája fehérjében és lizinben gazdag. Kiváló előveteménye a búzának, gépesítése a kalászosok gépeivel megoldható.

A repce ősszel 5-8 leveles hajtást képez, mely földhöz lapult rozettát alkot. Tavasszal részbeni levélváltást követően indul meg a főhajtás, mely elágazik. Az elágazással (2-10 db) arányos a virágok száma, mert idővel az alsóbbrendű elágazások is virágoznak. A ritka vetésnél több elágazás képződik. A virágok 5-20%-a termékenyül meg és ebből 40-60% képez becőt, melyek száma növényenként akár a 200-at is elérheti. A mellékajtásokon 19-24 db magszámmal kevesebb becő, a becőkben pedig kevesebb mag képződik, mint a főhajtáson. Az 1000-mag tömege 3-6 g, a gyökér tömege 30-40 %-a a szárnak (LÁNG 1976, EÖRI 2001).

A tápanyagellátás befolyásolja a termésszerkezetet. Változhat a tőszám, a növényenkénti elágazások és becők száma, a becőnkénti magszám, az 1000-magtömeg és az olajtartalom. Részben már ősszel eldől a termés sorsa. Az oldalelágazások száma kb. az őszi levélszámmal azonos. Régi megfigyelés szerint “ahány levéllel megy a repce a télbe, annyi q terméstöbblettel fizet.” A gyengén fejlett őszi állomány már nem hozhatja be fejlődésbeli hátrányát tavasszal. A termés elemek között kiegyenlítődésre való törekvés figyelhető meg: negatív kapcsolat van a tőszám és elágazások száma, a becőszám és a becőbeni magszám, a magszám és az 1000-magtömeg, valamint a mag olajtartalma és fehérje tartalma között. (HORVÁTH 2016).

A repce ÉNy-Európa fő olajnövénye, ahol az óceáni hatások uralkodnak. A hosszúnappalos növény hűvös, párás nyarú vidékeken díszlik igazán, mert érés idején is vízigényes. Egyaránt igényli a talaj és a levegő nedvességtartalmát. Itt az újabb fajtákkal és agrrotechnikával a 3-4 t ha⁻¹ magtermés elérhető és a legnagyobb olajhozamot biztosítja hektáronként. A szalma + becő tömege a mag 2-3-szorosa (PRJANISNYIKOV 1931, MÁTÉ-PEPÓ 2005).

A kontinentális, forró és száraz nyarú tájakon a tenyészidő generatív szakasza lerövidül, az érés gyorsul és a magtermés lecsökken. Aszály esetén kényszerérés

következik be, a vegetatív részek (gyökér, szár, lomb) mobilizálható tápelemkészlete nem juthat a magba. Ilyenkor csökken a megtermékenyülés is, tehát nemcsak kisebb, hanem kevesebb mag képződik. Itthon más fajtákra van szükség, más agrotechnikát, trágyázást kell folytatnunk. A Ny-európai tapasztalatok nem vehetők át minden további nélkül. Hazai viszonyaink között pl. a mag és a melléktermék aránya tágga válik, alföldi jellegű vidékeken a szalma+becő tömege a maghozam 4-6-szorosa is lehet. Ebből adódóan eltérő lesz a növény fajlagos tápelemtartalma illetve trágyaigénye stb. (KÁDÁR et al. 2001a).

A repce számára az altalaj minősége is fontos, karógyökere mélyre hatol. A gyökér azonban gyenge felépítésű, a növény könnyen kinyútható, ezért már kezdetben sok felvehető tápelemet igényel. A P-hiány gátolja a korai fejlődést, kitolódik az érés, a magtermés visszaszorul. A szuperfoszfát összetételénél fogva kielégítheti a repce P-, S- és részben Ca-igényét. Ny-Európa művelt talajai P-ral feltöltöttek, az újkori irodalom érdemi P-hatásokról nem tudósít. A jelentős vegetatív tömeg sok káliumot igényel, ennek ellenére K-trágya hatások itthon ritkák. A repcét általában kötöttebb, mélyrétegű talajokon termesztik, az ilyen talajok K-szolgáltatása általában kielégítő. A felvett K döntő része visszakerül a talajba a leszántott mellékterméssel.

Mezőföldi karbonátos csernozjom talajon beállított műtrágyázási tartamkísérletünk (KÁDÁR et al. 2001a) 11. évében, 1984-ben Yet Neuf francia erukasav-szegény repcét termesztettünk. Kora tavasszal törőzsás korban az együttes NPK trágyázás hatására a repce borítottsága megkétszereződött és ezzel együtt a gyomborítás közel a felére csökkent. Érés kezdetén, július elején igazolható volt a gyomfajok számának csökkenése. A K-trágyázás eredményeképpen az elágazások és a növényenkénti becők száma nőtt. Az N-trágyázás egymagában nem eredményezett mérhető változást.

Az intenzív NPK adagolás közel kétszeresére növelte a maghozamot és a melléktermés mennyiségét. A virágzástól a teljes érésig tartó szárazság miatt kényszerérés következett be és kis magtermések képződtek. Ebből adódóan a szár/mag tömegarány 6-8 közöttire tágult. A növekvő N-trágya adagok csökkentették a mag olajtartalmát. Az együttes NPK kezeléssel az olajhozam a kontrollon mért 336-ról 738 kg·ha⁻¹-ra emelkedett. Igazolható terméstöbbletet a 150-200 mg·kg⁻¹ AL-P₂O₅, illetve AL-K₂O ellátottság felett már nem kaptunk. A túlzottan minősíthető NPK-adagok hatására némi termés- és olajhozam többletet eredményeztek (KÁDÁR et al. 2001b).

A túlzott NPK trágyázásban részesült talajon kaptuk a maximális termést. Ez tekintélyes mennyiségű tápelemet vont ki a talajból: 238 kg N, 230 kg K₂O-val egyenértékű K, 210 kg CaO-al egyenértékű Ca, 98 kg P₂O₅-el egyenértékű P, 65 kg MgO-val egyenértékű Mg, 39 kg Na, 1 kg Fe, 600 g Mn, 170 g Zn és 29 g Cu hektáronként. A N 36%-a, P 61%-a, Mg 70%-a, Na és Ca 90%-a, illetve a K 92%-a a szárnban akkumulálódott és így nem került el a tábláról a betakarítást követően. Az 1,8 t/ha magterméssel hektáronként „csak” 93 kg N-el, 27 kg P₂O₅-al egyenértékű P-al., 20 kg CaO-al egyenértékű Ca-al, 17 kg K₂O-val egyenértékű K-al, 15 kg MgO-al egyenértékű Mg-al és 4 kg Na-al szegényedett a talaj. Kielégítően ellátott

termőhelyen tehát elégséges a N és P magterméssel elvont mennyiségeit pótolni. A repce számára kielégítő N-ellátottságot biztosítanak azok a talajok, amelyek 0-60 cm-es talajrétegében 100-150, illetve 0-90 cm-es talajrétegében 150-200 kg·ha⁻¹ NO₃-N mutatható ki vetés előtt, vagy kora tavasszal, (KÁDÁR et al. 2001b).

A Cu közismerten komplexképző tulajdonsággal rendelkezik, a talajkolloidokhoz és a humuszvegyületekhez erősen kötődik. Ezért védett a kilúgzástól a talajban. A kétértékű kationok adszorpciós energiája az alábbi sorrendet követi: Cu > Pb > Ni > Co > Zn > Ca. A Cu növénybeni mozgása is gátolt, így a tenyészidő során fellépő esetleges Cu-hiány a fiatal hajtásokban, levelekben jelentkezik. A Cu szerepet játszik a fehérjesszintézisben. A bőséges N-trágyázáskor a Cu-igény megnő, illetve gyakrabban felléphet a Cu-hiány. Különösen száraz években a Cu-szegény homokos, lápos és az erősen meszes, humuszos talajokon. BERGMANN (1992) szerint a Cu hiányára fokozottan érzékenyek a kalászos kultúrák és a napraforgó. A növényi felvétel a természinttől, növényfajtól és a talaj Cu-kínálatától függően 20-150 g/ha/év mennyiség között változhat.

BOWEN (1979) szerint a Cu a talajban átlagosan 26 mg kg⁻¹, a felszíni édesvizekben 3 µg l⁻¹ míg a tengervízben csupán 0,25 µg l⁻¹ koncentrációban mutatható ki. Saját nem publikált méréseink szerint a TIM pontok (Talajinformációs Monitoring Rendszer) talajainak talajvizében (n = 41) 0,2-20 µg l⁻¹, a Balaton vizében 3-5 µg l⁻¹, esővíz mintákban 4-20 µg l⁻¹ Cu-t találtunk. A hazai szerek vizsgálataink szerint (n = 12) 7-36 mg kg⁻¹, míg a budapesti agglomeráció területén közelmúltban gyűjtött szálló por 100-613 mg kg⁻¹ Cu-t tartalmaztak. Utóbbi erős szennyezésnek minősül, amennyiben a talajokra megadott szennyezettségi küszöb a hazai szabályozás szerint 75 mg kg⁻¹ a 10/2000. (VI.2.) rendelet szerint.

PAIS (1980) szerint a Cu esszencialitását 1925-ben igazolták először. A Cu hiánya is elterjedt. A gabonafélék tözeges talajon gyakran nem fejlesztenek kalászt. Felléphet másodlagos vagy indukált Cu-hiány rétláp talajokon a Mo-felesleg miatt. TÖLGYESI (1965) vizsgálatai rámutattak, hogy pl. a keszthelyi lápon termelt növényekben egyidejűleg fennállhat a Cu hiánya és a Mo többlete. A szervesanyagban gazdag talajok ugyanis Mo-ban is gazdagok, míg a rezet megkötik. Az élettanilag kívánatos 5-10 körüli Cu/Mo arány a takarmányban akár 0,1-0,2 értékre szűkülhet Mo-toxikózist okozva. A legeltetett juh és marha anémiás lépbetegségét a Cu-hiányra, illetve a Mo-bőségre vezetik vissza.

A Mo hiányt ritkán sikerül kimutatni növényben, állatban vagy emberben, mert az élővilág rendkívül kis mennyiségben igényli. A túlsúlya jelenthet problémát. A talajban nem kötődik meg, így arid vidékeken a Na, B, Se és egyéb mobilis elemekkel együtt a feltalajban dúsul. A talaj/növény rendszerben a szűrő nem működik, a növény hiperakkumulátorként halmozza fel a tömegárammal bejutó Mo-t. A Mo túlsúlya a takarmányban, legelőfüben mérgezést, molibdenóvizet, a legelőhasmenés tünetegyüttesét okozza. A vizet áteresztő kilúgzásos talajokon nem lép fel Mo toxicitás. Az Nx₂Cu_xMo kölcsönhatásokat előző munkánkban részben taglaltuk (KÁDÁR és CSATHÓ 2017).

Anyag és módszer

A N x Cu kölcsönhatásokat vizsgáló kéttényezős kísérletet 1988 tavaszán állítottuk be az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A kísérlet talaja löszön képződött meszes csernozjom mely a kísérlet beállítása előtt 1988. március elején végzett talajvizsgálataink szerint mintegy 5 % CaCO_3 -ot és 3 % humuszt tartalmazott a szántott rétegben. A $\text{pH}(\text{KCl}) = 7,3$; az $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ $128 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{AL-K}_2\text{O}$ $243 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, KCl-Mg $150\text{-}180 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, az EDTA-Mn $127 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, az EDTA-Cu $2\text{-}3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, EDTA-Zn $1\text{-}2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ értékekkel jellemezhetők. A $\text{KCl-oldható NH}_4\text{-N}$ 9, $\text{NO}_3\text{-N}$ $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a feltalajban. A BUZÁS I. et al. (Szerk.: 1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj jó Ca, Mg, K, Mn; kielégítő Cu, valamint gyenge P és Zn ellátottságáról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen helyezkedik el, a terület aszályérzékeny. Éghajlata az Alföldéhez hasonlóan szárazságra hajló, átlagos középhőmérséklete 11°C , éves átlagos csapadékösszege 576 mm.

A kísérlet osztott parcellás (split-plot) elrendezésű $4\text{N}\times 3\text{Cu}=12$ kezeléssel és 3 ismétléssel, összesen 36 parcellával. A parcellák mérete $4,9 \times 15 = 73,5 \text{ m}^2$ volt. Az alaptrágyázás évente $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ és $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ adagot jelentett szuperfoszfát és kálisó formájában. A N-t 25%-os pétisó ($\text{Ca-NH}_4\text{NO}_3$), a Cu trágyát 25,5%-os $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ formában alkalmaztuk. A PK műtrágyákat és a N felét az elővetemény lucerna törésére szórtuk ki 1987 őszén és leszántottuk, míg a N másik felét és a CuSO_4 trágyát 1988 tavaszán kevertük a talajba vetés előtt.

Az 5. évben 1992 tavaszán a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és egy 1 m-es úttal elválasztottuk. Az osztott parcellás (split-plot) elrendezésű kísérletünk háromtényezősé vált $4\text{N} \times 3\text{Cu} \times 2\text{Mo} = 24$ kezeléssel $\times 3$ ismétléssel = 72 parcellával. A felezett parcellákra $48 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ Mo}$ -t szórtunk ki N-fejtrágyával egyidőben. A Mo trágyát $(\text{NH}_4)_6 \text{ Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ formában adagoltuk. A N és a Mo sókat a következő napok csapadéka a talajba mosta. Tehát a Cu-trágyázás 1988-ban, Mo-trágyázás 1992-ben történt egyszeri alkalommal. A N, P és K műtrágyákat évente adtuk.

Vizsgált tényezők az alábbiak:

<u>1. tényező (főparcellák):</u>	<u>2. tényező (alparcellák):</u>	<u>3. tényező (al-alparcellák)</u>
$\text{N}_0 =$ kontroll	$\text{Cu}_0 =$ kontroll	$\text{Mo} =$ kontroll
$\text{N}_1 = 100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1} \text{ N}$	$\text{Cu}_1 = 50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ Cu}$ 1988-ban	$\text{Mo} = 48 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ 1992-ben
$\text{N}_2 = 200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1} \text{ N}$	$\text{Cu}_2 = 100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ Cu}$ 1988-ban	
$\text{N}_3 = 300 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{év}^{-1} \text{ N}$		

A kísérlet 1. évében 1988-ban tavaszi árpa, 1989-ben őszi búza, 1990-ben őszi árpa, 1991-ben kukorica, 1992-ben triticale, 1993-ban burgonya, 1994-ben zab, 1995-ben rozs, 1996-1999-ig lucerna volt a termesztett növény. A kísérlet 15 éven át folyt, a növényi sorrendet 1988-2003 között az 1. táblázat ismerteti.

1. táblázat

A N x Cu tartamkísérlet növényi sorrendje 1988-2003 között
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

Kísérlet éve (1)	Növényfaj (forgó) (2)	Fajta (hibrid) (3)	Kísérlet éve (1)	Növényfaj (forgó) (2)	Fajta (hibrid) (3)
1988	tavaszi árpa (4)	Opal	1996	lucerna(12)	Szarvasi-1
1989	őszi búza (5)	MV-15	1997	lucerna(12)	Szarvasi-1
1990	őszi árpa (6)	MV-35	1998	lucerna(12)	Szarvasi-1
1991	kukorica (7)	Pi 3732	1999	lucerna(12)	Szarvasi-1
1992	triticale (8)	Presto	2000	repce (13)	Wester
1993	burgonya (9)	Desirée	2001	mák (14)	Kék Duna
1994	zab(10)	Leanda	2002	napraforgó (15)	IHNK hibrid
1995	rozs(11)	Kisvárdai-1	2003	tavaszi árpa (4)	Orbit

Laboratóriumi vizsgálatok az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézetben történtek az alább ismertetett módszerekkel:

Növényelemzés: A bemért 0,5 g légszáraz anyaghoz 5 cm³ cc.HNO₃ + 1 cm³ cc.H₂O₂ adagolása, majd 15 perces roncsolás a mikrohullámú berendezésben. Az ásványi elemek mérése ICP-AES készüléken. A N meghatározása: 0,5 g légszáraz anyaghoz 10 cm³ cc.H₂SO₄ + cc.H₂O₂ szükség szerint adagolva az ISO 11261(1995), illetve a módosított KJELDAHL (1891) eljárással.

Talajelemzés: A KCl + EDTA oldható Cu-tartalmat, az AL-oldható PK-tartalmat EGNÉR et al. (1960), valamint az 1 mol l⁻¹ KCl-kicserélhető NH₄-N és NO₃-N tartalmakat a MÉM NAK (1978), illetve BARANYAI et al. (1987) által ismert eljárásokkal vizsgáltuk. Az NH₄-acetát+EDTA oldható ásványi elemeket LAKANEN és ERVIÖ (1971), a humuszt TYURIN (1937), az ammoniumlaktát+ecetsav oldható elemeket EGNÉR et al. (1960), az összes N-t az ISO 11261 (1995), illetve módosított KJELDAHL (1891) által ismertettek alapján határoztuk meg.

A repce vetése 1999. szeptember 14-én történt 2-3 cm mélyre, 5 kg·ha⁻¹ vetőmagnormával, 24x5 cm-es kötésben. Gyomirtást, növényvédelmi beavatkozást nem végeztünk a tenyészidő alatt. A kombájnyolásra június 26-án került sor. A terméseredményt a parcellák belső (nettó) területéről (7 x 2,1 = 14,7 m²) betakarított termésből számoltuk. 4-4 fm mintakévév vettünk parcellánként a főtermés és a melléktermés arányának megállapítása, illetve a laboratóriumi elemzés céljaira. A minták szárítását, cséplését, darálását a kísérleti telepen végezték. A repce 9,5 hónapos tenyészideje alatt az átlagos évnél megfelelően 435 mm csapadék hullott, de májusban mindössze 20 mm, júniusban 10 mm eső esett. Ez az aszályos időszak a magképződést akadályozta és kényszerítéshez vezetett.

Kísérleti eredmények

A repce a virágzás/érés generatív szakaszában, vagyis májusban és júniusban bekövetkezett aszály mérsékelt magtermést, depressziót okozott. A melléktermés/főtermés hányadosa ebből adódóan 4,6-ról 13-ra tágult. A N-kínálattal látványosan nőtt a szártermés, míg a becő- és a magtermés visszaesett a N-kontrollnál mérthez képest. N-trágyázás nélkül a maximális magtermés $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ volt, ami a további N-adagok hatására $0,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ -ra zuhant (2. táblázat.)

2. táblázat

N-trágyázás hatása a repce légszáraz termésére 2000. 06.26-án
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) N-szintek $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$	(2) Szár $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	(3) Becő $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	(4) Együtt $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	(5) Mag $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	(6) Összesen $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$	(7) Melléktermés (8) Főtermés
0	5,0	2,2	7,2	2,0	9,2	4,6
100	6,8	2,0	8,8	1,8	10,6	5,9
200	7,8	2,0	9,8	1,4	11,2	8,0
300	8,2	1,4	9,6	0,8	10,4	13,0
(9) SzD _{5%}	0,6	0,4	0,6	0,2	0,6	2,0
(10) Átlag	6,9	1,9	8,8	1,5	10,4	6,9

3. táblázat

N-szintek hatása a légszáraz repceszár elemtartalmára 2000.06.27-én
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

(1) N-szintek $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$				
	Na	Fe	Mn	Zn	Ba
0	460	78	53	8,8	7,3
100	802	92	57	10,5	6,6
200	1379	82	58	9,6	6,7
300	1400	110	63	11,2	6,2
(2) SzD _{5%}	400	12	6	2,0	0,4
(3) Átlag	1010	90	58	10,0	6,7

A N-adagokkal emelkedett a szárban a Na, Fe, Mn, Zn, illetve igazolhatóan mérséklődött a Ba koncentrációja a szárban (3. táblázat). A Cu beépülését a N és a Cu trágyázás egyaránt serkentette, míg a Cd esetében a N serkentő hatása mellett a

Cu gátló hatása érvénysült (4. táblázat). Amint az 5. táblázatban megfigyelhető, hogy érvényesült a NxMo szinergizmus a N és a Mo egyaránt dúsul az aratáskori szárban és a magtermésben a N és a Mo kezelések nyomán.

4. táblázat

N x Cu szintek hatása a légszáraz repceszár Cu és Cd tartalmára 2000.06.27-én
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

(1) Cu-szint kg·ha ⁻¹	(2) N-szintek kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	100	200	300		
	Cu mg·kg ⁻¹					
0	2,30	2,63	2,60	2,81		2,59
50	2,28	2,52	2,82	3,21	0,46	2,71
100	3,01	3,04	3,35	3,84		3,31
SzD _{5%}		0,50				0,25
Átlag	2,53	2,73	2,92	3,29	0,23	2,87
	Cd μ·kg ⁻¹					
0	208	319	364	401		323
50	213	256	300	382	61	288
100	223	246	301	342		278
(3) SzD _{5%}		44				22
(4) Átlag	215	273	321	375	30	296

Megjegyzés: Magtermésben a Cu-tartalom 3,90%-ról 4,96%-ra nőtt igazolhatóan a Cu-trágyázással

5. táblázat

N x Mo szintek hatása a légszáraz repceszár N és Mo tartalmára 2000.06.27-én aratáskor
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

(1) Mo-szint kg·ha ⁻¹	(2) N-szintek kg·ha ⁻¹ ·év ⁻¹				(3) SzD _{5%}	(4) Átlag
	0	100	200	300		
	N %					
0	1,22	1,36	1,69	2,02	0,24	1,57
48	1,35	1,61	1,81	2,18	0,24	1,74
(3) SzD _{5%}		0,20				0,10
(4) Átlag	1,29	1,49	1,75	2,10	0,12	1,66
	Mo mg·kg ⁻¹					
0	1,4	1,5	1,4	1,8	0,3	1,5
48	29,9	41,7	42,6	50,1	17,0	41,1
(3) SzD _{5%}		12,8				6,4
(4) Átlag	15,6	21,6	22,0	26,0	8,5	21,3

Megjegyzés: Mo-trágyázással a mag N-tartalma is igazolhatóan emelkedett

A repce átlagos elemtartalmának és elemfelvételének adatait a 6. táblázatban tanulmányozhatjuk. A szár + becő $8,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ mellékterméssel és $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ magterméssel számolhatunk. A bemutatott eredmények szerint főként a magtermésben dúsult a N, P, Mg, Zn, Cu, Mo, Se és a Co, melyek a szemképződés fontos elemeinek tekinthetők. Ami a földfeletti biomasszába épült mennyiségeket illeti látható, hogy a melléktermés tárolta az elemek nagyobb tömegét. Leszántásával a felvett elemek jórészt visszajutnak a talajba. A repce tápelemigényes kultúra. A kivont N 206 kg, Ca 172 kg, K 142 kg, S 78 kg, P 39 kg ($89 \text{ kg P}_2\text{O}_5$), Mg 32 kg, Na 8-9 kg mennyiségnek adódott hektárra vetítve.

6. táblázat

A repce átlagos elemtartalma és elemfelvétele 2000.06.27-én aratáskor
(Mészlepedékes csernozjom vályogtalaj, Nagyhörsök, Mezőföld)

(1) Elem jele	(2) Mérték- egység	(3) Elemtartalom		(2) Mérték- egység	(6) Elemfelvétel		
		(4) Szár+becő	(5) Mag		(4) Szár+becő	(5) Mag	(7) Együtt
N	%	1,66	3,97	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	146	60	206
Ca	%	1,88	0,48	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	165	7	172
K	%	1,46	0,95	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	128	14	142
S	%	0,77	0,67	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	68	10	78
P	%	0,31	0,77	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	27	12	39
Mg	%	0,31	0,33	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	27	5	32
Na	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	960	24	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	8448	36	8484
Fe	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	93	95	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	818	142	960
Sr	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	70	12	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	616	18	634
Mn	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	56	41	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	493	62	555
Al	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	39	6	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	343	9	352
B	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	36	17	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	317	26	343
Zn	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	10	40	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	88	60	148
Ba	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	7	1	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	62	2	64
Cu	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	2,87	4,36	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	25,3	6,5	32
Mo	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	1,54	2,25	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	13,6	3,4	17
Ni	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,33	1,10	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	2,9	1,7	5
Cd	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,30	0,07	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	2,6	0,1	3
Cr	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,22	0,22	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	1,9	0,3	2
As	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,16	0,14	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	1,4	0,2	2
Se	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,08	1,10	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,7	1,7	2
Co	$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	0,06	0,11	$\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,5	0,2	1

Megjegyzés: 8,8 t mellékterméssel és 1,5 t mag átlagterméssel számolva Fajlagos: 137 kg N, 115 kg Ca (161 kg CaO), 21 kg Mg (35 kg MgO), 26 kg P (60 kg P₂O₅), 95 kg K (114 kg K₂O), 52 kg S

Az 1 t mag és a hozzátartozó melléktermés fajlagos tápanyagigénye kísérleti körülményeink között nagy volt, elsősorban a tág melléktermés/főtermés aránya miatt: 137 kg N, 115 kg Ca (161 kg CaO), 95 kg K (114 kg K₂O), 52 kg S, 26 kg P (60 kg P₂O₅), 21 kg Mg (35 kg MgO). Amennyiben csak a kombájnt magterméssel távozó elemek mennyiségeit vesszük figyelembe táblaszinten, amikor a melléktermés tömege a talajt gazdagítja, az 1 t magterméstápelemtartalma ennek csak töredék: 40 kg N, 5 kg Ca (7 kg CaO), 14 kg K (17 kg K₂O), 10 kg S, 12 kg P (27 kg P₂O₅), 5 kg Mg (8 kg MgO). Adataink iránymutatónak szolgálhatnak a szaktanácsadás számára a repce elemzési szükségletének megállapításakor.

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom vályogtalajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgáltuk a NxCuXMo elemek közötti kölcsönhatásokat 2000-ben repcével. Termőhely talaja a szántott rétegben 3% humuszt, 5% körüli CaCO₃-ot és 20% körüli agyagot tartalmazott. Talajelemzések alapján a terület jó Ca, Mg, K, Mn, kielégítő Cu, valamint gyenge-közepes P és Zn ellátottságú volt. A talajvíz 13-15 m mélyen található, a terület aszályérzékeny. A kísérletet 4N x 3Cu = 12 kezelés x 3 ismétlés = 36 parcellával állítottuk be osztott parcellás (split-plot) elrendezéssel. A N 0, 100, 200, 300 kg·ha⁻¹, a Cu 0, 50, 100 kg·ha⁻¹ adagokat jelentett Ca-ammóniumnitrát, illetve CuSO₄ formájában. A kísérlet 5. évében a 15 m hosszú parcellákat megfeleztük és 1 m-es úttal elválasztottuk. A kísérlet sávos split-plot elrendezésűvé vált 4Nx3CuX2Mo = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellával. A 48 kg·ha⁻¹ Mo-t (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O formában alkalmaztuk. A virágzás és az érés generatív fázisát aszály és depresszió jellemezte. Főbb eredmények

- A N-trágyázás hatására a magtermés 2 t·ha⁻¹-ről 0,8 t·ha⁻¹-ra esett. A szár tömege viszont 5 t·ha⁻¹-ről 8 t·ha⁻¹ fölé emelkedett a kedvezőbb, vegetatív fázisban érvényesülő N-hatások nyomán. Ebből adódóan a harvest index 4,6-ről 13,0-ra tágult.

- Az elemtartalmak általában betöményedtek, dúsultak a növényi részekben. A N-kínálattal nőtt a Na, Fe, Mn, Zn, illetve mérséklődött a Ba koncentrációja a betakarításkori szalmában. Ugyanitt a Cu beépülését a N és a Cu adagolás egyaránt serkentette. Érvényesült a NxMo szinergizmus jelensége. A N és a Mo egyaránt dúsult a szárban mind a N, mind a Mo kezeléseknél. A magtermésben ez a NxMo kölcsönhatás szintén megnyilvánult.

- A magban dúsult a N, P, Mg, Zn, Cu, Mo, Se, Co aratáskor, meghaladva a szalmában mért koncentrációkat. A repce földfeletti biomasszájába a 10,4 t·ha⁻¹ légszáraz anyagba 206 kg N, 172 kg Ca, 142 kg K, 78 kg S, 39 kg P, 32 kg Mg épült be. Kombájnt aratásnál, amennyiben a melléktermés tömege leszántásra kerül, a tábláról eltávozó elemek mennyisége a töredékére esik vissza.

- Az 1 tonna magtermés képződéséhez kísérleti körülményeink között (melléktermés elemigénye nélkül) 40 kg N, 5 kg Ca (7 kg CaO), 14 kg K (17 kg

K₂O), 10 kg S, 12 kg P (27 kg P₂O₅), 5 kg Mg (8 kg MgO) mennyiséget igényelt a repce. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára az őszi repce elemszükségletének megállapításakor.

Kulcsszavak: Nitrogén, réz és molibdén kölcsönhatások, tartamkísérlet, repce, mészlepedékes csernozjom talaj

Irodalom

- BARANYAI F., FEKETE A. ÉS KOVÁCS I. 1987. A magyarországi talaj tápanyagvizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERGMANN, W. 1992. Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer Verl. Jena
- BUZÁS I., FEKETE A., BUZÁS INÉ, CSENGERI PNÉ ÉS KOVÁCS ANÉ: 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. MÉM NAK. Budapest.
- CSERHÁTI S. 1901. Általános és különleges növénytermelés. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- EGNÉR, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R. 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K-Lantbr. Högsk. Ann. 26:199-215.
- EÖRI T. 2001. A repce termesztése. Lucerna Bt. Fertőszéplak.
- HORVÁTH T. 2016. Az eredményes repcetermesztés sarokpontjai. Agrofórum. 8: 24-27.
- ISO 11261. (1995): Soil Quality Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl method
- KÁDÁR I., CSATHÓ P. 2017. A főbb makro- és mikroelemek közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálata. MTA TAKI. Budapest. 292 p.
- KÁDÁR I., NÉMETH T., RÉTI Á. & RADICS L. 2001a. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. I. Növénytermelés. 50:559-573.
- KÁDÁR I., NÉMETH T. & LUKÁCS DNÉ 2001b. A repce (*Brassica napus* L.) műtrágyázása karbonátos vályog talajon. II. Növénytermelés. 50:575-591.
- 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 G. 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
- MÁTÉ A.-PEPÓ P. 2005. Repce. In: Növénytermesztéstan. 2. Ed: Antal J. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 249-266 pp.
- MÉM NAK. 1978. A TVG tápanyagvizsgáló laboratórium módszerfüzete. MÉM Növényvédelmi és Agrokémiiai Központ. Budapest.
- PRJANISNYIKOV, D.N. 1931. Csasztnoe zemledelije, Rasztenija polevoj kulturü. Szel'hozgiz. Moszkva-Leningrad.
- TYURIN, I.V. 1937. Organicseszkoje vesesesztvo pocsvü. Szel'hozgiz. Moszkva

Interactions between nitrogen, copper and molybdenum treatments on rapeseed (*Brassica napus* L.)

I. KÁDÁR

Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, Centre for Agricultural Research,
Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

Interactions between the elements N, Cu and Mo were studied on rape in 2000 in a field experiment set up on chernozem loam soil with lime deposits. The ploughed layer of the soil contained 3% humus, around 5% CaCO₃ and around 20% clay. Soil analysis showed that the area was well supplied with Ca, Mg, K and Mn, had satisfactory Cu content, but was only poorly or moderately supplied with P and Zn. The groundwater depth was 13–15 m and the area was prone to drought. The experiment was originally set up in a split-plot design with 4N × 3Cu = 12 treatments in three replications, giving a total of 36 plots. The N rates, applied as calcium ammonium nitrate, were 0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ and the Cu rates, in the form of CuSO₄, were 0, 50 and 100 kg ha⁻¹. In the 5th year of the experiment the 15 m long plots were halved and the two half-plots were separated by a 1 m path. The experiment thus became a strip-split-plot design, consisting of 4N×3Cu×2Mo = 24 treatments in three replications, giving a total of 72 plots. The 48 kg ha⁻¹ Mo was applied in the form of (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O. The generative phases of flowering and ripening were characterized by drought and depression. The main results were as follows:

- As a result of N fertilization, the seed yield fell from 2 t ha⁻¹ to 0.8 t ha⁻¹. However, the stem yield increased from 5 t ha⁻¹ to 8 t ha⁻¹ due to the more favourable N effects in the vegetative phase. As a result, the harvest index increased from 4.6 to 13.0.

- Most of the element contents became concentrated and enriched in the plant parts. The concentrations of Na, Fe, Mn and Zn increased with the N supply, whereas that of Ba decreased in the straw at harvest. Both N and Cu addition stimulated the incorporation of Cu in the straw. The phenomenon of N×Mo synergy was observed. N and Mo became enriched in the stem in both the N and Mo treatments. This N×Mo interaction was also manifested in the seed.

- Higher contents of N, P, Mg, Zn, Cu, Mo, Se and Co were recorded in the seed at harvest, exceeding the concentrations in the straw. A total of 206 kg N, 172 kg Ca, 142 kg K, 78 kg S, 39 kg P and 32 kg Mg was incorporated into the aboveground biomass of rapeseed, i.e. 10.4 t ha⁻¹ air-dry matter. In the case of combine harvesting, if the by-products are ploughed into the soil, the quantity of nutrients leaving the field falls to a fraction.

- Under the conditions of this experiment, 40 kg N, 5 kg Ca (7 kg CaO), 14 kg K (17 kg K₂O), 10 kg S, 12 kg P (27 kg P₂O₅) and 5 kg Mg (8 kg MgO) was required for the production of 1 t rapeseed. These data could serve as a guideline for the extension service in establishing the nutritional needs of winter rapeseed.

Keywords: Nitrogen, copper and molybdenum interactions, long-term experiment, oil rape, calcareous chernozem soil

Tables and figures

Table 1. Crop sequence in the long-term N × Cu experiment between 1988 and 2003 (Chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhorcsök). (1) Year. (2) Crop species. (3) Cultivar/hybrid. (4) Spring barley. (5) Winter wheat. (6) Winter barley. (7) Maize. (8) Triticale. (9) Potatoes. (10) Oats. (11) Rye. (12) Alfalfa. (13) Rape. (14) Poppy. (15) Sunflower.

Table 2. Effect of N fertilisation on the air-dry yield of rape on 26 June 2000 (Chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhorcsök). (1) N levels, kg ha⁻¹ year⁻¹. (2) Stem, t ha⁻¹. (3) Pod, t ha⁻¹. (4) Together, t ha⁻¹. (5) Seed, t ha⁻¹. (6) Total, t ha⁻¹. (7) By-products. (8) Main crop. (9) LSD5%. (10) Mean.

Table 3. Effect of N levels on the element content of air-dry rape stems on 27 June 2000 (Chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhorcsök). (1) N levels, kg ha⁻¹ year⁻¹. (2) LSD5%. (3) Mean.

Table 4. Effect of N × Cu levels on the Cu and Cd contents of air-dry rape stems on 27 June 2000 (Chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhorcsök). (1) Cu levels, kg ha⁻¹. (2) N levels, kg ha⁻¹ year⁻¹. (3) LSD5%. (4) Mean. Note: Cu fertilisation caused a significant rise in the Cu content of the seed yield from 3.90% to 4.96%.

Table 5. Effect of N × Mo levels on the N and Mo contents of air-dry rape stems on 27 June 2000 (Chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhorcsök). (1) Mo levels, kg ha⁻¹. (2) N levels, kg ha⁻¹ year⁻¹. (3) LSD5%. (4) Mean. Note: The N content of the seeds was also significantly increased by Mo fertilisation.

Table 6. Mean element contents and element uptake of rape at harvest on 27 June 2000 (Chernozem loam soil with lime deposits, Nagyhorcsök). (1) Element symbol. (2) Unit. (3) Element content. (4) Stem+pod. (5) Seed. (6) Element uptake. (7) Together. Note: In terms of 8.8 t by-products and 1.5 t seed.