

Kölcsönhatások vizsgálata a növénytáplálási kutatásokban

Kádár Imre

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

E-mail: kadar@rissac.hu

Összefoglalás

A hatótényezők közötti kölcsönhatások feltárása nélkül az életjelenségek, köztük a növényi táplálkozás folyamatai nem ismerhetők meg és tudományos igényvel nem irányíthatók. A kutatás ritkán fordít kellő figyelmet az ásványi elemek közötti összetett kapcsolatok vizsgálatára. A kísérletezésben elterjedt megközelítési mód az egyetlen, esetleg két tápelem változtatása szabadföldön. Tenyészedeény vagy oldatkultúrákban végzett kölcsönhatás-vizsgálatok viszont nem képesek tükrözni a növények valós reakcióit, szabadföldi viszonyok között mások a környezeti feltételek. Elengedhetetlen a többtényezős megközelítés a szabadföldi kísérletezésben, mely nagyszámú kezelést és sokoldalú vizsgálatokat feltételez.

Summary

Without factorial designs involving interacting nutrient factors at varying levels, serious study of interactions is not possible. There is urgent need to adopt the multifactor / multilevel approach in the field by using more complete experimental designs. However this approach sets a definite limit on what is possible in the field, requiring a large number of plots covering considerable areas of land. In the nature the processes are complex, the same time and place occur mutually, together and interacted. The research must be also complex, conducted together in teamwork. Otherwise we cannot understand and cannot have a look inside the phenomena.

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A növénytáplálással, trágyázással, talajműveléssel, ill. általában a talaj termékenységével kapcsolatos ismereteink zöme szabadföldi tartamkísérletekből származik. Tartamkísérletek az alapkutatást szolgálják, amennyiben a növény és környezete (talaj, éghajlat, víz- és tápanyagellátás, stb.) közötti kölcsönhatások feltárására irányulnak. Az utóbbi évtizedekben tudatosult, hogy a globális környezeti változások, a környezetvédelem alaproblémáinak vizsgálata ilyen tartamkísérletek nélkül elképzelhetetlen.

A földi élet fennmaradása szempontjából azok a hosszú, kumulatív, vagy ritkán előforduló események döntőek, amelyek rövid idejű vizsgálataink során rejtve maradnak előttünk. Ide sorolható a globális klímaváltozás, szennyező anyagok akkumulációja, átalakulása és forgalma a talaj-növény rendszerben, tágabban az egész táplálékláncban vagy a bioszférában. Talajbani folyamatok között egyaránt előfordulnak rövidebb és hosszabb idejűek. Viszonylag gyorsan

beálló módosulásokat eredményezhet a víz és a vízben oldott anyagok mozgása. Lassúbb a tápelemek megkötődése, beépülése a talaj szilárd fázisába.

Hosszú távú folyamatnak minősülhet a talajok fokozatos elsavanyodása, a tartós és rendszeres művelés vagy trágyázás talajra gyakorolt hatása, a szerves anyag mineralizációja, vagy a talajásványok mállása. A generációk munkájával fenntartott tartamkísérletek és a sokoldalú vizsgálatok lehetővé teszik a ritka és lassú események megismerését, láthatóvá válik a jelen és a múlt, biztonsággal előretekintve perspektívát nyújtanak, ill. visszatekintve felismerhetővé válnak az egyedi vagy periodikusan előforduló jelenségek, amennyiben a kísérlet jól megtervezett, precízen végrehajtott, és a kutatók tudományközi együttműködés keretében a jelenség komplex megismerésére törekednek.

Ahelyett tehát, hogy újabb kísérleteket állítanánk be minden újonnan felmerülő probléma megválaszolására, elsősorban a megfelelő tartamkísérletek tanulságait kell hasznosítani. Annál is inkább, mert amire a választ a rövid tartamú vizsgálatokból megkapjuk, a kérdés gyakran már nem aktuális vagy újabb problémák merülnek fel. Az új kísérleteket igényelheti természetesen az eddig nem vizsgált elemek, trágyaszerek, művelési módok stb. vizsgálata. A növénytáplálás és trágyázás alapösszefüggései azonban csak tartamkísérletben ismerhetők meg, hiányukban a talajban történő változások nem tárhatók föl, a rövid távú kísérletek adatai félrevezetőek és beavatkozásaink hatástalanok vagy károsak lehetnek. A tartamkísérleteinkben kialakult eltérő tápelem-ellátottsági szituáció megváltoztatja a növény egész biológiáját, termését, minőségét, gyomokkal és betegségekkel szembeni viselkedését. Az összetett jelenség megismerhető, ha éppúgy komplexen, csoportmunkában vizsgáljuk, ahogy az a természetben megnyilvánul.

Elengedhetetlen a többtényezős megközelítés a szabadföldi kísérletezésben, melynek azonban határt szabnak a lehetőségek. Az átfogóbb kísérleti tervek nagyszámú parcella beállítását igénylik jelentős földterületet elfoglalva. A tudományos célú kísérletekben részletes talaj- és növényelemzést kell végezni sok paraméterre, elemre kiterjesztve, hogy a változások, kölcsönhatások mechanizmusok átfogóan, mélységükben és terjedelmükben feltáruljanak előttünk. E nélkül a háttér-információ, adatbázis nélkül még az elsőrendű kölcsönhatások sem értékelhetők. Tekintettel a N és P meghatározó szerepére a növénytáplálásban, ill. a talajtermékenységi kutatásokban történelmileg is betöltött pozíciókra nem véletlen, hogy a publikált eredmények zöme e két elem közötti kölcsönhatásra vonatkozik (IVÁNYI & IZSÁKI 1996; IVÁNYI et al. 1997; IZSÁKI 1998, 2001; KÁDÁR 2006, 2007ab; KÁDÁR & TURÁN, 2002; ADAMS 1980; SUMMER & FARINA, 1986).

Két vagy több hatótényező közötti kölcsönhatásokról akkor beszélünk, ha az egyes tényezők hatását módosítja egy vagy több más tényező jelenléte. Ha a hatás nagyobb, mint az egyedi tényezők összegének eredője, pozitív kölcsönhatásról, amennyiben az összetett hatás kisebb, negatív kölcsönhatásról beszélünk. Az előző esetben a vizsgált tényezők szinergista, utóbbi esetben

antagonista kapcsolatban vannak. A nitrogénnek a legtöbb tápelem felvételére szinergista hatása egy évszázada ismert. A K antagonista hatása a Ca, Mg, Na és más kationok beépülésére szintén jól dokumentált egytényezős vizsgálatokban, kísérletekben.

Az NxP, NxK, PxK vagy NxPxK tápelemellátottsági szintek közötti kapcsolatok viszont kevésbé ismertek a korábban említett komplexebb és költségesebb kísérleti eljárások miatt. A továbbiakban a különböző N, P és K ellátottsági szintek és kombinációik hatásvizsgálatával foglalkozunk egy tartamkísérlet példáján.

Anyag és módszer

A kísérletet 1973 őszén állítottuk be Mezőföldön, az MTA TAKI nagyhorcsóki 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; AL-oldható P_2O_5 60-80 mg/kg, AL- K_2O 140-160 mg/kg, KCl-Mg 150-180 mg/kg, EDTA-Mn 80-150 mg/kg, EDTA-Cu 2-3 mg/kg, EDTA-Zn 1-2 mg/kg értékkel jellemezhető. A MEM NAK (1979) által elfogadott módszerek és határértékek alapján ezek az adatok a talaj igen jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságról tanúskodnak. A talajvíz szintje 13-15 m mélyen található, a terület az Alföldhöz hasonlóan aszályérzékeny.

A P és K műtrágyákat, valamint a N felét ősszel 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, 300 kg/ha adagot jelentett évente. A P és K trágyázás 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 , ill. K_2O feltöltő adaggal történt, 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 $4 \times 4 \times 4 = 64$ kezeléssel és 2 ismétléssel, összesen 128 parcellával. A parcellák mérete $6 \times 6 = 36 \text{ m}^2$, 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; KÁDÁR et al. 2003).

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

Az 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 a sorokra és az oszlopokra azonosak, így azokat csak egyszer tüntetjük fel. Az előző évi olajlen kísérletünk eredményeit korábbi közleményünk taglalta (KÁDÁR és RADICS 2002).

Eredmények értékelése

Mivel az együttes NP-túltrágyázás gátolta a szója fejlődését és a talaj fedetlen maradt, nőtt a gyomok tömege. Virágzás végén augusztus 15-én a kontroll talajon 0,6 t/ha, míg az NP-túlsúlyos kezelésben 2,5 t/ha légszáraz hajtás képződött. Döntően a P-kínálat serkentette a gyomosodást. Szeptember 13-án végzett bonitálásunk szerint a N-hiányos parcellák növényei már lombjukat hullatták és leszáradó állomány képét mutatták. A N-nel túltrágyázott parcellák állománya viszont zöldellt, az érés elhúzódott. A legkisebb magtermést nem a 15 éve trágyázatlan kontroll talajon, hanem az extrém NP-trágyázotton kaptuk. Az 1,9-2,0 t/ha körüli maximális magterméseket már az N_1P_0 , ill. N_1P_1 kezelésben elértük, míg az N_3P_3 kezelésben a termés 1,4 t/ha alá süllyedt (1. táblázat).

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

Mivel a fertőzöttség mértéke vizuálisan szántóföldön nem állapítható meg szabatosan, parcellánként 25-25 tövet a laboratóriumba vittünk, hogy az értékelést a kórokozóra jellemző mikroszkleróciumok alapján végezzük el. Köztudott, hogy ez a gomba az aszály következtében kényszererett növényeken képez szaporítóképleteket, mikroszkleróciumokat.

A tápanyagokkal bőségesen ellátott NPK parcellákon a növények még betakarításkor is részben zöldék maradtak, míg a tápelemhiányosak, elsősorban a N-nélküliek elszáradtak. Ez esetben a tápláltság (ok) által indukált késői érés (okozat) eredményezte a növények *Macrophominával* szembeni ellenállóságát (következmény).

1. táblázat. NxP ellátás hatása a szójára és a gyomosodásra 1988-ban
(Karbonátos vályog csernozjom talaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

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

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

A *Macrophomina* fellépésének gyakoriságát elsősorban a N-trágyázás csökkentette, szintenként csaknem felezte, de a P és K befolyása sem volt elhanyagolható. Közölni szükséges ezért a 3-tényezős kísérlet mind a 64 kezelésének eredményeit. A 2. táblázat adatai szerint az abszolút kontroll 000 parcellán a fertőzés 100 %-os volt, míg a 333 NPK-túltáplálással alig fordult elő, 5 % körülire zuhant. Mivel a *Macrophomina* elleni kémiai védekezés a gyakorlatban nem megoldott, a táplálás irányításával megkísérelhetjük a növény fogékonyságát megváltoztatni. Természetesen amennyiben ennek nem termésveszteség, túlzott ökonómiai vagy ökológiai kockázat az ára. Élettanilag ugyanis elkerülhető a kényszerérés aszályos években a bőséges tápanyagkínálattal.

2. táblázat. NxPxK ellátás hatása a szója *Macrophomina phaseolina* fertőzöttségére 1988. 10. 25-én (Karbonátos vályog csernozjom talaj, Nagyhorcsök, Mezőföld)

N és P szint	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{5%}	Átlag
Az összes tő %-ában						
N ₀ P ₀	100	56	62	60		70
N ₁ P ₀	34	40	20	32		32
N ₂ P ₀	10	18	22	10		15
N ₃ P ₀	18	8	20	12		15
N ₀ P ₁	94	46	38	70		62
N ₁ P ₁	42	34	24	36		34
N ₂ P ₁	16	10	8	10		11
N ₃ P ₁	16	8	18	4	32	12
N ₀ P ₂	54	72	56	86		67
N ₁ P ₂	32	48	16	12		27
N ₂ P ₂	14	12	20	4		13
N ₃ P ₂	6	0	6	2		4
N ₀ P ₃	82	74	42	42		60
N ₁ P ₃	44	20	14	20		25
N ₂ P ₃	14	12	10	12		12
N ₃ P ₃	6	2	6	4		5
P-kezelések átlagában						
N ₀	83	62	50	65		65
N ₁	38	36	19	25	16	29
N ₂	14	13	15	9		13
N ₃	12	5	13	6		9
N-kezelések átlagában						
P ₀	41	31	31	29		33
P ₁	42	25	22	30	16	30
P ₂	27	33	25	26		28
P ₃	37	27	18	20		25
Átlag	36	29	24	26	8	29

A 28. évben gyepet telepítettünk a kísérletbe. A pillangós nélküli 8 komponensű gyep termését 2002-ben, a gyep 2. évében az N x P kölcsönhatások határozták meg. A P-hatások csak az 1. kaszálás idején voltak igazolhatóak, míg a K-trágyázás hatástalan maradt. Az 1 kg N-re jutó átlagos terméstöbblet döntően a N-trágyaadag függvényében módosult (3. táblázat) (KÁDÁR, 2006).

A 4. táblázatban bemutatjuk az NxK és NxP kölcsönhatásokat az 1. kaszálás idején, hogy érzékeltessük a változások jellegét, irányát és mértékét néhány ásványi elem tekintetében. Amint megfigyelhető, a K%-át a N-trágyázás K-ban szegényebb talajon mérsékelheti hígulási effektust okozva, míg a K-ban gazdag parcellákon luxusfelvételhez vezethet. A Na esetében a N-kínálattal nagyságrenddel nőhet, ezzel szemben a növekvő K-kínálattal nagyságrenddel

eshet a beépülés, így akár 2 nagyságrendbeli módosulás is előállhat a széna N-tartalmában. A Mo akkumulációját a K és a N kínálata egyaránt mérsékelte, így koncentrációja alig ¼-ére zuhant a kontrollhoz viszonyítva.

3. táblázat. NxP ellátottsági szintek hatása a 2. éves légszáraz gyepszéna termésére 2002-ben, t/ha (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörscök, Mezőföld)

AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
2002. május 28-án						
66	1,27	4,89	5,11	5,17		4,11
153	1,10	5,80	6,50	6,12	0,78	4,88
333	1,02	5,52	5,54	5,97		4,51
542	1,07	5,45	5,76	6,17		4,61
Átlag	1,11	5,42	5,73	5,86	0,39	4,53
2002. szeptember 3-án						
66	0,39	1,17	1,73	1,92		1,30
153	0,35	0,71	1,72	1,88	0,15	1,17
333	0,35	0,77	1,56	2,07		1,17
542	0,38	0,75	1,62	1,70		1,11
Átlag	0,37	0,85	1,66	1,89	0,08	1,19
Két kaszálás együtt*						
66	1,66	6,07	6,84	7,09		5,41
153	1,45	6,51	8,22	8,00	0,85	6,04
333	1,37	6,29	7,11	8,04		5,70
542	1,45	6,20	7,37	7,87		5,72
Átlag	1,48	6,27	7,38	7,75	0,43	5,72
1 kg N-re jutó átlagos többletermés kg-ban						
Zöld fű	-	129	42	19	14	63
Széna	-	48	11	4	5	21

*Míg a széna 1,4-8,0 addig a zöld fütermés 5-24 t/ha között ingadozott az NxP ellátottság függvényében. Az NK trágyázás igazolhatóan 34%-ról 32%-ra mérsékelte a fű szárazanyag-tartalmát. Adatok a K-kezelések átlagában közölve

Az NxP kölcsönhatásokat vizsgálva látható, hogy a P-kínálattal mintegy 50 %-kal nőtt a széna P-tartalma és hasonló mértékben süllyedt a N-trágyázás nyomán. Mindez akár 3-szoros koncentráció-különbséget eredményezhet. Szembetűnő, hogy a P-szegény talajon a széna nem szegényedett el Mo-ban a N-trágyázás hatására. Ellenkezőleg, igazolhatóan dúsult. Sőt, a növekvő P-ellátottsággal sem csökkent a Mo koncentrációja, amennyiben a N hiánya limitálta a termésképzést. A P-Mo antagonizmus tehát csak a N-nel kezelt parcellákon figyelhető meg. A P/Mo aránya az NP-kontroll talajon 6 ezer körüli, a P-szegény de N-nel kezelt 1-2 ezer közötti, míg a bőséges és együttes NP kínálatnál 10-15 ezer közötti (4. táblázat).

4. táblázat. NxK (P átlagai) és NxP (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemtartalmában 2002. 05. 28-án
(Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
K %						
135	1,91	1,45	1,28	1,44	0,46	1,52
193	1,97	1,97	2,02	1,88		1,96
279	1,98	2,21	2,43	2,48		2,28
390	2,03	2,40	2,68	3,07		2,55
Na mg/kg						
135	104	778	1211	1345	290	860
193	72	526	756	773		532
279	57	257	471	482		317
390	51	235	421	329		259
Mo mg/kg						
135	0,70	0,68	0,55	0,59	0,16	0,63
193	0,53	0,38	0,38	0,32		0,40
279	0,34	0,25	0,31	0,19		0,27
390	0,36	0,22	0,25	0,16		0,25
AL-P ₂ O ₅ mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
P %						
66	0,22	0,12	0,11	0,13	0,04	0,14
153	0,27	0,16	0,18	0,20		0,20
333	0,33	0,19	0,20	0,20		0,23
542	0,32	0,20	0,21	0,23		0,24
Mo mg/kg						
66	0,37	0,80	0,89	0,61	0,16	0,67
153	0,49	0,29	0,26	0,26		0,32
333	0,54	0,23	0,22	0,22		0,30
542	0,53	0,21	0,12	0,17		0,26
P/Mo arány x 10 ³						
66	5,9	1,5	1,2	2,1	2,4	2,7
153	5,6	5,5	6,9	7,7		6,4
333	6,1	8,3	9,1	9,1		8,2
542	6,0	9,5	17,5	13,5		11,6

Mért min.-max. értékek: K 1,3-3,0; N 0,7- 1,7; Ca 0,3-0,5; Mg 0,13-0,21; S 0,15-0,32; P 0,10-0,32%; Na 50-1400, Mn 60-120, Al 50-120, Fe 70-140, Sr 8-170, Zn 6-40, Ba és B 3-6, Cu 2,5-5; Ni 0,4-1,4; Mo 0,1-1,0 mg/kg.

Az NxK kölcsönhatásokat elemezve a 2. kaszálás idején itt is megfigyelhető az anyaszénához hasonlóan, hogy a N-trágyázás hígulást eredményez a K-tartalomban K-szegény talajon, míg luxusfelvételt indukál a K-ban gazdagon, elérve a 4% K-tartalmat. A Na-koncentrációban 25-szörös változást okoz az ellentétes irányú, de hasonló erejű befolyás, amelyet az antagonista K és a

szinergista N túlsúlya vált ki. A Mo-tartalom módosulásában meghatározó a K-kínálat felvételt serkentő hatása (5. táblázat).

5. táblázat. Az NxK (P átlagai) és NxP (K átlagai) kölcsönhatások a gyepszéna elemtartalmában 2002. 09. 03-án (Karbonátos csernozjom vályogtalaj, Nagyhörcsök, Mezőföld)

AL-K ₂ O mg/kg	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
K %						
135	2,20	1,97	1,64	1,67	0,52	1,87
193	2,81	2,90	2,73	2,83		2,82
279	2,76	3,21	3,60	3,64		3,30
390	2,99	3,35	3,92	3,99		3,56
Na mg/kg						
135	252	1120	2746	2504	664	1656
193	148	400	1168	1468		796
279	166	195	550	568		370
390	109	142	544	403		299
Mo mg/kg						
135	0,62	0,96	0,48	0,74	0,28	0,70
193	1,06	1,34	0,97	0,96		1,08
279	1,09	1,49	1,24	0,99		1,20
390	1,22	1,42	1,27	1,01		1,23
AL-P ₂ O ₅ mg/kg (5)	N-trágyázás, N kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
P %						
66	0,34	0,23	0,22	0,22	0,4	0,25
153	0,45	0,35	0,30	0,28		0,35
333	0,44	0,45	0,33	0,29		0,38
542	0,42	0,51	0,32	0,32		0,40
Mo mg/kg						
66	0,82	1,97	1,72	1,40	0,28	1,48
153	0,92	0,96	0,61	0,66		0,79
333	1,18	1,04	0,85	0,79		0,96
542	1,07	1,24	0,78	0,85		0,98
P/Mo arány x 10 ³						
66	4,2	1,2	1,3	1,6	1,5	2,0
153	4,9	3,6	4,9	4,2		4,4
333	3,7	4,3	3,9	3,7		3,9
542	3,9	4,1	4,1	3,8		4,0

Az NxP kétirányú táblázat adatai szerint a N-trágyázás által okozott hígulást a talaj növekvő P-kínálata lényegében ellensúlyozhatja a széna P-készletét tekintve. A N-kínálattal határozottan nőtt a Mo mennyisége a szénában P-szegény talajon és a P-túlsúly nyomán előálló gátlás is csak kevésbé volt

kifejezett, eltérően az 1. kaszálásnál megfigyeltektől. A N-kontroll kezelésben a P-Mo antagonizmus nem is lépett fel. A P/Mo aránya is kevésbé módosult: a N-nel trágyázott P-szegény talajon 1,2-1,6 ezerre szűkült, míg a N-nel és P-ral jól ellátott kezelésekben a kontrollhoz közelálló 4 ezer körüli optimális tartományban maradt (5. táblázat).

Az indukált Mo-hiány a takarmány minőségét veszélyeztetheti, mely a trágyázatlan talajon mért 1,0 mg/kg értékről 0,1-0,2 mg/kg értékre zuhant a maximális NPK trágyázás nyomán. Ugyanitt a normálisnak tekintett 2-4 ezer körüli P/Mo aránya 20 ezer fölé emelkedett. A 2. kaszálásnál az indukált Mo-hiány jelensége visszaszorult. Kifejezetté vált viszont a P-Zn antagonizmus, illetve az indukált Zn-hiány. A P-kontroll talajon a sarjúszéna 15 mg/kg, a P-túlsúlyoson 10 mg/kg Zn koncentrációt mutatott. Ugyanitt a P/Zn aránya a még elfogadható 167-ről 364-re tágult.

Irodalomjegyzék

- ADAMS, F. (1980): Interactions of phosphorus with other elements in soil and plants. In: The role of phosphorus in agriculture. (Ed.: DINAUER, R. C.). 655-680. American Society of Agronomy. WI.
- IVÁNYI I. & IZSÁKI Z. (1996): A tápanyagellátás hatása a rostkender (*Cannabis sativa* L.) tápelem felvételére a tenyészidő folyamán. Növénytermelés **45**. 181-193.
- IVÁNYI I., IZSÁKI Z., WERF H.M.G. (1997): Influence of N-supply and P and K levels of the soil on dry matter and nutrient accumulation of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.). J. Intern. Hemp Association. **4**. 84-89.
- IZSÁKI Z. (1998): Soybean quality as affected by N and P fertilization. In: Balkan Symposium of Field Crops Proc. 243-246. Novi Sad. Yugoslavia.
- IZSÁKI Z. (2001): Nitrogen and phosphorus requirement of linseed in connection with the yield quantity and quality. Bibl. Fragmenta Agron. **3**. 171-175.
- KÁDÁR, I. (2006): Műtrágyahatások vizsgálata a 2. éves telepített gyepen. Termés és elemtartalom. 6. Gyepgazd. Közlemények. **4**. 95-107.
- KÁDÁR I. (2006): Az NPK műtrágyázás és a fungiciddel történő kezelések közötti kölcsönhatások őszi búzában. Növénytermelés **55**. 323-333.
- KÁDÁR I. (2007a): NxP kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben rozsnövénnyel. Növénytermelés **56**. 213-224.
- KÁDÁR I. (2007b): Az Edit magamarant vetésidő x tőszám vizsgálata szabadföldi kísérletben. Növénytermelés **56**. 225-234.
- KÁDÁR I. & ELEK É. (1999): A búza (*Triticum aestivum* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés **48**. 311-322.
- KÁDÁR I. & TURÁN T. (2002): P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. Agrokémia és Talajtan **51**. 381-394.
- KÁDÁR I., JOACHIM, K., HARRACH, T., RADICS L., PÉCHY K., (2003): A szója műtrágyázása karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés **52**. 61-74.
- SUMNER, E. M., FARINA, M. P. W. (1986): Phosphorus interactions with other nutrients and lime in field cropping systems. Advances in Soil Science **5**. 201-236.