

A talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggés vizsgálata kukorica-monokultúrában

SZEMES IMRE¹, LÁSZTITY BORIVÓJ² és KÁDÁR IMRE²

¹Országos Természet- és Környezetvédelmi Hivatal, és

²MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Napjainkban egyre inkább előtérbe került talajaink intenzívebb hasznosítása. Homoktalajaink egy részének termőképességét a vízellátás mellett elsősorban gyenge tápanyag-ellátottságuk limitálja. Tápanyagigényesebb, nagyobb szárazanyaghozamú kultúrák, mint pl. a kukorica sikeres termesztéséhez alapvető feltétel a talajok tápanyagállapotának javítása. Különösen időszerű tehát, hogy egyre több és megbízható adattal rendelkezünk e talajok tápanyag-ellátottsága és termékenysége közötti kapcsolatokról. Mint ismeretes, a kukoricát gyakran monokultúrában termesztjük. Monokulturás viszonyok között a talajtermékenység kontrollja fokozott jelentőséggel bír, mert az együttjár a talaj egyoldalúbb és intenzívebb igénybevételével, növeli a termesztés műtrágyaigényét, fokozottabb követelményeket állít a talaj tápanyag-szolgáltató képességével szemben.

Munkánkban ezért egy 8 éves kukorica-monokultúra utóbbi 4 évének, II. ciklusának, tapasztalatait kíséreljük meg összegezni, elsősorban a talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggéseket elemezni. Egyúttal ellenőrizzük a MÉM NAK, a hazai szaktanácsadás által ajánlott talaj- és növényvizsgálati optimumok, határértékek megbízhatóságát is.

A kísérleti körülmények ismertetése

Szabadföldi kísérletünket 1971 őszén állítottuk be egy Duna—Tisza közti karbonátos homoktalajon, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének Órbottyán melletti kísérleti telepén, 20 kezeléssel és 4 ismétléssel összesen 80 parcellában, split-plot elrendezésben. A kísérleti terület talaja a szántott rétegben közepesen humuszos (1,0—1,4%), enyhén meszes (CaCO_3 : 1—2%), könnyen oldható káliummal gyengén (AL- K_2O : 66 ppm), foszforral gyengén-közepesen (AL- P_2O_5 : 80—100 ppm) ellátott.

A kísérleti körülményeket és a kísérlet első 4 éves ciklusának eredményeit korábban már részletesen ismertettük [3]. A talajvizsgálatok céljaira a kísérlet beállításakor, valamint az első és a második ciklus végén parcellánként 20—20 pontminta egyesítésével átlagmintákat vettünk. A növény- és a talajelemzéseket a

MÉM NAK által bevezetett módszerekkel végeztük, és az eredményeket variancia-analízissel értékeltük. Betakarításkor nettó parcellánként 20–20 növényegyedet vettünk a szem/szár arány, valamint a fő- és melléktermékek beltartalmi vizsgálataihoz. Egy-egy évben sor került a diagnosztikai célú levélanalízisekre is.

Kísérletünk NPK faktoriális kísérlet, ahol a K-ellátás 4 szintjét állítottuk be (0, 80, 160, 240 kg/ha K_2O évente) 5 eltérő NP-adagon. A N adagjai 0, 120, 240 kg/ha; a P_2O_5 adagjai 0, 60, 120 kg/ha voltak. Kísérleti növényül a kukorica szolgált monokultúrában: az első 2 évben MV SC-580, a második 2 évben MV SC-405, míg az utóbbi 4 év folyamán NK-PX MSC-20 hibridet vetettünk.

Kísérleti eredmények

A kísérlet P- és K-forgalmáról, valamint a talaj AL-oldható P- és K-tartalmának változásáról az 1. táblázat adatai nyújtanak áttekintést. A táblázatból megállapítható, hogy a K-szintek átlagában a NP-trágyázás a növények által felvett (föld feletti rész = szár + szemtermés) P_2O_5 mennyiségét 290 kg/ha-ról 495 kg/ha-ra növelte. A műtrágyákkal 8 év alatt talajba juttatott és a növényekkel felvett P_2O_5 szembeállítás útján kapott hasznosulási értékek szerint (mérleg módszer) a trágya-P a P_1 szinteken átlagosan 90, míg a P_2 szinteken mintegy 50%-ban érvényesült.

Amennyiben a növény által kivont (a kontrollhoz viszonyított) többleteket vetjük össze a trágyával adott P mennyiségeivel, úgy ez a P-hasznosulási % (különbség módszer) a P_1 szinteken átlagosan 30%, míg a P_2 szinteken mintegy 20%-nak adódott. A P-mérleget jól tükrözi a talaj AL-P-tartalmának változása a 8. év végén. A P_2 szinteken a termékek által felvett P mennyiségét átlagosan 480 kg/ha P_2O_5 -ral meghaladó trágyázás eredményeképpen a talaj könnyen oldható P-tartalma 120 ppm körüli AL- P_2O_5 -értékre emelkedett, a jó–jó-közepesen ellátott tartományba (1. táblázat).

A P-műtrágya érvényesülését a K-ellátás függvényében is tanulmányozhatjuk. Látható, hogy a termékekkel felvett P_2O_5 mennyisége a kereken 300 kg/ha-ról mintegy 500 kg/ha-ra emelkedett. Ennek megfelelően módosult a P-mérleg egyenlege a különböző K-szinteken, illetve a P-műtrágya érvényesülése. A K-ellátás javulása a műtrágya-P mérleg módszer szerinti érvényesülését 52%-ról 87%-ra növelte (1. táblázat).

A NP-szintek átlagában, a K-ellátás javulása a felvett K mennyiségét mintegy megháromszorozta. A mérleg módszer szerint K-hasznosulás az adaggal csökkenő, a felvétel nem képes követni a növekvő kínálatot. A K_1 szinten adott évi 80 kg/ha K_2O még teljes mértékben hasznosul e módszer szerint, míg ennek a 2–3-szoros adagja csak 60–70%-ban. A különbség módszerrel becsült hasznosulás az adaggal szintén csökkenő, 40–50% közötti (1. táblázat).

A növekvő NP-szintek hatására a kukorica hozama minden évben megbízhatóan növekedett. A szemtermés átlagosan 40%-kal, míg a szártermés 40–50%-kal haladta meg a kontrollparcella termését. Meg kell említeni, hogy az N_1P_1 és az N_2P_2 szintek, illetve kombinációk között megbízható különbséget nem lehetett kimutatni a K-szintek átlagaiban, a kísérlet II. ciklusában (2. táblázat).

1. táblázat
A tápanyagforgalmi vizsgálatok és a talajvizsgálatok eredményei a 8. év végén
(Órbottyán, 1972—1979)

Kezelés	Adott évente	Adott összes	Kivont összes	Mérleg	Kivont az adott %-ában	Kivont többletek	Kivont többlet az adott %-ában	AL-oldható (1979)
P₂O₅ kg/ha (K-szintek átlagában)								
—	—	—	290	-290	—	—	—	P ₂ O ₅ ppm 58
N ₁ P ₁	60	480	426	+54	89	136	28	83
N ₁ P ₂	120	960	465	+495	49	175	18	129
N ₂ P ₁	60	480	460	+20	96	170	35	84
N ₂ P ₂	120	960	495	+465	52	205	21	111
P₂O₅ kg/ha (NP-szintek átlagában)								
K ₀	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₁	72	576	298	+278	52	—	—	95
K ₂	72	576	424	+152	74	126	22	94
K ₃	72	576	485	+91	84	187	32	94
	72	576	499	+77	87	201	35	88
K₂O kg/ha (NP-szintek átlagában)								
K ₀	—	—	334	-334	—	—	—	K ₂ O ppm 66
K ₁	80	640	646	-6	101	312	49	78
K ₂	160	1280	877	+403	69	543	42	91
K ₃	240	1920	1069	+851	56	735	38	118

Megjegyzés: SzD_{5%} értéke az AL-P₂O₅ = 9 ppm, az AL-K₂O = 4 ppm. A K-szintek átlagai 16-, a NP-szintek átlagai összesen 20-szoros ismétlést jelentenek. N₁ = 120 kg/ha, N₂ = 240 kg/ha N évente.

2. táblázat
A NP-szintek hatása kukorica hozamára monokultúrában (Órbottyán, K-szintek átlagai)

Kezelés	Szemtermés					Száztermés				
	1976	1977	1978	1979	átlag	1976	1977	1978	1979	átlag
t/ha (86% száraz anyag)										
—	4,01	3,96	3,51	4,39	3,97	4,58	4,89	4,04	4,14	4,41
N ₁ P ₁	4,91	6,41	5,03	5,55	5,48	6,34	5,56	6,22	6,14	6,07
N ₁ P ₂	5,04	6,56	5,20	5,71	5,63	6,71	5,64	6,40	7,44	6,55
N ₂ P ₁	4,96	6,53	5,19	5,75	5,61	6,58	5,55	6,26	6,28	6,17
N ₂ P ₂	5,07	6,62	5,70	5,85	5,81	6,94	5,25	6,98	7,09	6,57
SzD _{5%}	1,10	0,93	1,00	0,99	0,73	1,15	1,56	1,75	2,22	1,16
A kontroll %-ában										
—	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
N ₁ P ₁	123	162	143	126	138	138	114	154	148	138
N ₁ P ₂	126	166	148	130	142	146	115	158	180	148
N ₂ P ₁	124	165	148	131	141	144	114	155	152	140
N ₂ P ₂	127	167	162	133	146	151	107	173	171	149
SzD _{5%}	27	23	28	23	18	25	32	43	54	26

E könnyen felvehető káliummal igen gyengén ellátott talajon a K-ellátás javulása jelentős terméstöbbleteket eredményezett. A különösen a száraz, „rossz” 1976-os kukorica évben a kontroll szemtermése 2,5-szeresére emelkedett, és a legmagasabb K-szinten elérte a 6 t/ha körüli átlagos, kielégítő termésszintet. Az évhatás, az 1976-os rossz és az 1977-es jó kukorica év szemterméseinek hányadosa a K-mal gyengén ellátott talajon 1,7 volt (2,47 és 4,11 t/ha szemtermés), míg a jól-közepesen ellátotton 1,1. A kielégítő ellátás tehát csökkentheti a monokultúra hátrányait, az igen kifejezett évhatást, növelheti a termések stabilitását. Ami a javuló K-ellátásnak a szártermésre gyakorolt hatásait illeti, megállapítható, hogy a szemterméstől eltérően az ún. száraz „rossz” években kisebb terméstöbbletek figyelhetők meg, mint a nedvesebb években (3. táblázat).

A K-ellátás hatását a NP-szintek függvényében, ill. kölcsönhatásaikat a 4 év átlagában, a 4. táblázatban mutatjuk be. A táblázat adatai arra utalnak, hogy míg a legmagasabb NP-szint önmagában 36%-kal, a legmagasabb K-szint önmagában 64%-kal emeli az átlagos szemtermést, addig az együttes hatásuk eredményeképpen 144%-os terméstöbblet regisztrálható. A 44%-os terméstöbblet tehát a pozitív K × NP kölcsönhatás eredménye. A szártermésben e hatások még kifejezettebbek, a pozitív kölcsönhatás számlájára itt a 191% terméstöbbletből mintegy 70% írható. Összefoglalva elmondható, hogy a műtrágyázás rendkívül hatékonyak bizonyult, és a 4 év alatt a legjobban trágyázott parcellák 16 t/ha szemterméstöbbletet eredményeztek (4. táblázat).

Gazdaságossági szempontból a 6 t/ha körüli szemtermés szintjein a leghatékonyabb trágyázásnak a közepes adagok bizonyultak. A N₁P₁K₂ kombinációkban, mintegy 340 kg/ha NPK-hatóanyag évenkénti felhasználásával 3.5 t/ha körüli szemterméstöbbleteket nyertünk, tehát 1 kg „vegyes” hatóanyag felhasználása mintegy 10 kg kukorica-szemtermést eredményezett. Az egyre nagyobb termőképességű fajták elterjedésével feltehetően a talaj magasabb tápelem-ellátottsága, a nagyobb műtrágya-

3. táblázat

A K-ellátás hatása a kukorica hozamára monokultúrában (Órbottyán, NP-átlagai)

Kezelés	Szemtermés					Szártermés				
	1976	1977	1978	1979	Átlag	1976	1977	1978	1979	Átlag
	t/ha (86%-os száraz anyag)									
K ₀	2,47	4,11	2,71	3,93	3,30	4,20	3,12	3,21	3,35	3,47
K ₁	4,86	6,40	5,23	5,54	5,51	6,48	5,28	6,03	5,88	5,92
K ₂	5,66	6,78	5,87	6,35	6,17	6,87	6,18	6,95	7,96	6,99
K ₃	6,21	6,78	5,91	5,98	6,22	7,37	6,95	7,73	7,68	7,43
SzD _{5%}	0,49	0,42	0,45	0,44	0,33	1,15	0,70	0,78	0,99	0,52
	A kontroll %-ában									
K ₀	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
K ₁	197	156	193	141	167	154	169	187	175	170
K ₂	229	165	217	161	186	164	198	216	237	201
K ₃	251	165	218	152	188	176	223	240	229	214
SzD _{5%}	24	10	17	11	10	27	22	24	30	15

4. táblázat

A K-ellátottság hatása a kukorica hozamára monokultúrában a NP-szintek függvényében (Órbottyán, az 1976—1979. évek átlagai)

Kezelés	Szemtermés					Száztermés				
	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{5%}	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{5%}
t/ha (86% száraz anyag)										
—	2,80	3,80	4,60	4,60		2,96	4,26	5,11	5,31	
N ₁ P ₁	3,47	5,96	6,43	6,05		3,56	6,27	7,28	7,16	
N ₁ P ₂	3,23	5,96	6,53	6,79	0,85	3,55	6,69	7,62	8,33	1,22
N ₂ P ₁	3,20	5,91	6,59	6,75		3,35	6,29	7,30	7,75	
N ₂ P ₂	3,82	5,92	6,67	6,84		3,94	6,07	7,65	8,61	
SzD _{5%}	0,57					0,69				
A kontroll %-ában										
—	100	136	164	164		100	144	173	179	
N ₁ P ₁	124	213	230	216		120	212	246	242	
N ₁ P ₂	115	213	233	243	30	120	226	257	281	41
N ₂ P ₁	114	211	235	241		113	213	247	262	
N ₂ P ₂	136	211	238	244		133	205	258	291	
SzD _{5%}	20					23				

adagok is egyre jobban hasznosulhatnak a jövőben. Az adott termesztési viszonyok között a „közepes” ellátottság bizonyult a leggazdaságosabbnak, azonban a talaj termékenységének (P- és K-ellátottságának) további növelése a „jó” ellátottság felé, reális cél lehet. A hatásgörbék 6 t/ha szemtermésszinteken ellaposodtak, termésdepresszió azonban nem lépett fel. Joggal feltételezhető, hogy kedvező csapadékeloszlású években, a 8—10 t/ha hozamú fajtákkal a talaj javuló tápelem-ellátottsága további termésemelkedéshez vezethet.

A diagnosztikai célú növényelemzés adatainak értelmezésére az 5. táblázatban nyílik lehetőség. A kielégítően táplált kukorica optimális tápelem-koncentrációit és -arányait elsősorban a BERGMANN és NEUBERT [1] által összeállított, és általunk is megfelelőnek ítélt határértékek alapján becsültük. Vizsgálati eredményeinket a NP-szintek átlagaiban tüntettük fel.

Kielégítő K-ellátottságot mindkét évben és mindkét korú növények esetében csak a legjobban ellátottnak minősülő parcellákon jeleznek a növények. A K% 2—2,5-szeresére emelkedett a műtrágyázás függvényében a zöld növényben, jól tükrözve a talaj könnyen oldható K-tartalmának emelkedését. A Ca-, Mg- és Mn-tartalom megbízhatóan csökkent a K-ellátottság javulásával (ion-antagonizmus). A talaj K-ellátottságának javulása, a K-mal gyengén ellátott talajon, elősegítette a kiegyensúlyozottabb tápelemarányok létrejöttét a kukoricánövényben: a K/Ca, Mg, Mn, arányok az irodalmi optimumok felé tolódtak. A K/P aránya arra utal, hogy a talaj könnyen felvehető K-tartalmának további növelését egybe kell kötni a P-tartalom emelésével, mert a K/P arányainak további tágulása már nem kívánatos. E meszes talajon fellépő, és részben nemkívánatos Ca-, esetleges Mg-túlsúlyt, a talaj javuló K-ellátottsága megfelelően ellensúlyozni képes (5. táblázat).

5. táblázat
A K-ellátottság hatása a kukorica tápláltsági állapotára.
Levélanalízis eredményeink értékelése a NP-szintek átlagában
(Órbottyán, kukorica-monokultúra)

Tápelem	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{3%}	Kielégítő ellátottság*
6 leveles korban, 1976						
K%	1,57	2,91	3,45	4,12	0,23	3,0–4,0
Ca%	1,18	0,99	0,91	0,80	0,08	0,3–0,7
Mg%	0,71	0,54	0,49	0,43	0,03	0,2–0,6
Mn ppm	130	109	107	102	9	30–300
K/Ca	1,3	2,9	3,8	5,2		5–10
K/Mg	2,2	5,4	7,0	9,6		7–15
K/P	4,5	8,6	10,1	11,8		6–12
K/Mn	121	381	322	404		100–1000
6 leveles korban, 1977						
K%	1,70	3,01	3,58	4,27	0,32	3,0–4,0
Ca%	1,27	1,21	1,13	1,10	0,09	0,3–0,7
K/Ca	1,3	2,5	3,2	3,9		5–10
K/P	4,6	8,4	9,7	11,9		6–12
Virágzáskori levélben, 1976						
K%	0,71	1,20	1,56	1,82	0,11	1,5–2,5
Ca%	1,24	1,14	1,02	0,95	0,05	0,25–0,80
K/Ca	0,6	1,1	1,5	1,9		3,0–6,0
K/P	1,9	3,8	4,9	5,7		5,0–10,0

* BERGMANN és NEUBERT [1], valamint KÁDÁR et al. [2] szerint becsülve

Megállapítható összefoglalóan, hogy a levélanalízis-adatok összhangban vannak a talajvizsgálati eredményekkel, egymást kiegészítik és megerősítik, lehetővé téve a műtrágyahatások megbízható elemzését, szaktanácsadási szempontból azok előrejelzését, hasonló körülmények között.

Következtetések

1. A tápanyagforgalmi becsléseink szerint a mérleg-módszerrel meghatározott P-érvényesülés %-a kisebb P-adag mellett átlagosan 90, míg a pozitív mérlegű nagyobb adagnál 50% volt. Ugyanitt a klasszikus különbség-módszerrel becsült P-hasznosulás 30, illetve 20%-nak adódott. Az AL-oldható P-tartalom jól követte a P-mérleget, és a közel 500 kg/ha P₂O₅ talajban maradt (a terméssel felvett P mennyiségét meghaladó) pozitív P-mérleggel rendelkező parcellákon a könnyen oldható P-tartalom a jó-közepes ellátottságú tartományba emelkedett.

2. A műtrágya-P érvényesülését a talaj K-ellátottsága is meghatározta. A mérleg-módszer szerinti hasznosulás %-a a kontroll, káliummal nem trágyázott talajon 52%, míg a K-mal jól ellátottn 87% volt.

3. A talaj K-ellátottságának javulása átlagosan megháromszorozta a terméssel felvett K mennyiségét. A K-mérleg egyenlegét jól tükrözte az AL-K-tartalom alakulása, a legpozitívabb mérlegű parcellák AL-K-ellátottsága a jó-közepes tartományba emelkedett a 8. év végére.

4. A talaj K-ellátottságának javulásával lecsökkent az évhatás, nőtt a termékek stabilitása monokultúrában. A legnagyobb szemterméstöbbleteket a száraz 1976-os „rossz” kukorica évben kaptunk. A szártermésben ugyanekkor a jobb, nedvesebb években figyelhetők meg nagyobb terméstöbbletek a K-trágyázás hatására.

5. A talaj K-ellátottságának javulása különösen a N- és P-ral is kielégítően ellátott parcellákon mutatkozott előnyösnek. Együttes hatásuk eredményeképpen (pozitív kölcsönhatás) a kukorica szemtermése közel 2,5-szeresére nőtt, elérve vagy meghaladva a 6 t/ha szemtermésszinteket e gyenge homoktalajon.

6. A növényelemzés eredményei szerint a K-ellátás javulása a Ca-, Mg- és Mn-tartalom megbízható csökkenéséhez vezetett a fiatal növényekben, növelte a K%-okat, és elősegítette a kiegyensúlyozottabb tápelemarányok kialakulását: a K/Ca, Mg, P, Mn arányok az irodalmi optimumok felé tolódtak el.

Összefoglalás

Megállapítottuk, hogy a vizsgált talaj termékenysége megfelelő trágyázással, elsősorban a talaj K-ellátottságának javításával jelentősen növelhető, és az igényesebb kukorica sikerrel termeszthető. A talaj- és a növényvizsgálati adatok együttes értelmezése lehetővé teszi a talajtermékenység folyamatos ellenőrzését, a műtrágyák várható hatásának előrejelzését, és a kukorica kiegyensúlyozott ásványi táplálásának gyakorlati megvalósítását. A MÉM NAK által a IV. termőhelyi kategóriába tartozó homoktalajra ajánlott talajvizsgálati AL-PK-ellátottsági optimumok, valamint a kukorica tápláltsági állapotának jellemzésére hivatott növényelemzési optimumok a kísérletben megerősítést nyertek.

Irodalom

- [1] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. Gustav Fischer Verlag, Jena. 1976.
- [2] KÁDÁR I., LÁSZTITY B. & SIMON L.: Az üzemi talaj- és növényvizsgálati eredmények értelmezése és felhasználása mezőföldi csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan.* **30.** 65—78. 1981.
- [3] SZEMES I. & LÁSZTITY B.: A káliumműtrágyázás hatásának vizsgálata karbonátos homokon. *Agrokémia és Talajtan.* **29.** 419—426. 1980.

Hozzászólás

MARGITTAY MIKLÓS

Megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomás, Nyíregyháza

Kérdések SZEMES I., LÁSZTITY B. és KÁDÁR I. előadásával kapcsolatban:

— A K értéke hogyan változott a talajban a monokultúrás kísérlet 1. és 8. éve között?

— A kukoricaszárnak mi lett a sorsa a kísérletben?

— Milyen mikroelem-vizsgálatokat végeztek?

LÁSZTITY BORIVÓJ

— A talaj AL-oldható K-készlete 8 év alatt elérte a közepes ellátottság szintjét a nagyobb adagú kezelésekben.

— A bemutatott káli kísérletben a kukoricaszár minden évben be lett takarítva a területről, és nem befolyásolta a talaj felvehető AL-oldható K-készletének a változását.

— A tápelemek közül a levélanalízis során elsősorban a K-ellátottság szempontjából jelentősebb Ca-, Mg-, Mn-elemeket és azok arányait mutattuk be.