

A fiatalkori növények tápláltsági állapotának értékelése a legelterjedtebb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelésére beállított szabadföldi kísérletekben

¹FODOR NÁNDOR–¹CSATHÓ PÉTER–²ÁRENDÁS TAMÁS–
¹RADIMSZKY LÁSZLÓ–³HORVÁTH JÓZSEF–⁴NÉMETH TAMÁS

¹MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest

²MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár

³Talajerőgazdálkodás Kkt., Kaposvár

⁴Magyar Tudományos Akadémia

Összefoglalás

Az 1960 és 2000 között beállított hazai szabadföldi trágyázási tartamkísérletek adatbázisából származó összefüggésekre alapozva egy új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszert hoztunk létre. Az új rendszer célja, hogy a lehető legkisebb műtrágyahasználat mellett érjünk el nagy terméseket, és a területegységre jutó nettó jövedelem a lehető legnagyobb legyen.

A Nemzetközi Foszfór Intézet (IMPHOS) anyagi finanszírozásával a különböző hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelését (az új MTA TAKI - MTA MGKI költség-, és környezetkímélő rendszer, a 'Talajerőgazdálkodás' integrált rendszer és az intenzív MÉM NAK rendszer) egy hároméves program keretében őszi búza, kukorica és tavaszi árpa növényekkel, három jellegzetes talajon (barna erdőtalaj, csernozjom, réti talaj) végeztük el. A kísérletek első öt kezelése egy klasszikus trágyázási hiánykísérletet reprezentált, amelynek célja a trágyázási szaktanácsadási rendszerek talaj NPK ellátottsági határértéke helyes voltának ellenőrzése volt.

Az IMPHOS tesztkísérletek mindhárom talajon, valamennyi növénynél igazolták az MTA TAKI - MTA MGKI költség- és környezetkímélő szaktanácsadási rendszer alapelveinek, műtrágya adag számítási módszerének helyes voltát: Az új MTA TAKI - MTA MGKI rendszer a MÉM NAK intenzív ajánlásával azonos, nagy terméseket eredményezett a MÉM NAK rendszer által javasolt adagok esetenként 40–60%-ának kijuttatása mellett is.

Mindezek eredményeképpen, a területegységre jutó legnagyobb jövedelmeket is az új költség- és környezetkímélő rendszer ajánlásaival kaptuk. A szemtermés eredményekről, és a gazdaságossági számításainkról korábbi közleményeinkben számoltunk be. Jelen dolgozatban a diagnosztikai célú növényvizsgálati, talajvizsgálati és NPK mérleg eredményekről számolunk be. Legtöbb esetben, mind a hat szaktanácsadási kezelésben, a búza és tavaszi árpa hajtás, valamint a kukorica levél NPK tartalmak meghaladták a jó ellátottság alsó határát.

A növényi NPK tartalmak a 'Talajerőgazdálkodás' és a 'MÉM NAK' kezeléseknél (amelyek nagyobb NPK adagokat javasoltak) legtöbbször nagyobbak voltak, mint az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer 4 szintjén kapottak, ugyanakkor a jobb növényi NPK ellátottság a korábbi kezeléseknél nem eredményeztek szignifikáns szemtermés többletet.

Figyelembe véve, hogy hasonlóan nagy terméseket sokkal kisebb NPK adagokkal lehetett elérni az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer és a Talajerőgazdálkodás rendszer ajánlásaival, mint az intenzív MÉM NAK rendszerével, előbbieket mind agronómiai, mind környezetvédelmi, mind gazdaságossági szempontból kedvezőbbek voltak az utóbbinál.

A kísérletek 3. éve után a PK mérlegértékekben kimutatott különbségek jó összefüggést mutattak a talajok AL-PK tartalmában megnyilvánuló eltérésekkel.

Kulcsszavak: trágyázási szaktanácsadási rendszer, tesztkísérlet, őszi búza, kukorica, tavaszi árpa, diagnosztikai növényvizsgálat, AL-PK tartalom, NPK mérleg

Evaluation of the nourishment conditions of young crops in the field experiment established to test the most widespread Hungarian fertilisation recommendation systems

¹N. FODOR – ¹P. CSATHÓ – ²T. ÁRENDÁS – ¹L. RADIMSZKY –
³J. HORVÁTH – ⁴T. NÉMETH

¹Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry
of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

²Agricultural Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, Martonvásár

³Talajerőgazdálkodás Kkt., Kaposvár

⁴Hungarian Academy of Sciences

Summary

Based on correlations calculated from the database of long-term fertilisation experiments carried out in Hungary between 1960 and 2000, a new, cost-saving and environmental friendly fertiliser recommendation system was developed. The aim of the new system is to apply the lowest possible NPK rates required to achieve high yields and the maximum income per unit area.

The World Phosphorus Institute (IMPHOS) agreed to finance a three-year programme for the testing of various Hungarian fertiliser recommendation systems (the new 'RISSAC - RIA' system, the 'Talajerőgazdálkodás' integrated soil fertility management system, and the intensive 'MÉM NAK' system) when applied to three major crops grown on three characteristic Hungarian soils. The first five treatments in the experiment represented a classical deficiency experiment, aimed at checking the correctness of the NPK-supply categories determined by the various systems.

On all three soils and for all three crops, the IMPHOS experiments confirmed the basic principles of the new cost-saving, environment-friendly fertiliser recommendation system, and the correctness of the methods used for calculating fertiliser rates. In this paper, diagnostic plant analysis, as well as soil analysis data, and NPK balances, obtained in the different recommendations are discussed. In most cases the plant NPK contents of all the recommendations exceeded the lower limits of the good NPK supply category for wheat and barley shoot as well as for corn leaf.

Crop NPK contents in 'Talajerőgazdálkodás' and 'MÉM NAK' treatments (with higher recommended NPK doses) were mostly higher than in the 'RISSAC-RIA' treatments, however, the better crop NPK status did not result in extra grain yield in the former treatments.

Taking into account, that similarly high yields were obtained by using the 'RISSAC - RIA' system and the 'Talajerőgazdálkodás' integrated system with much smaller NPK doses than that were recommended by the intensive MÉM NAK system, they were more advantageous both from agronomic and environmental protection as well as from economic point of view.

Differences in PK balances were in good correlation with the differences in the measured soil AL-PK contents after the third year of the experiment.

Key words: fertiliser recommendation system, test experiment, wheat, corn, barley, diagnostic plant analysis, soil PK test, NPK balance

Bevezetés

A talaj „könnyen oldható” tápelem tartalma, ill. a diagnosztikai célú növényvizsgálati adatok csak tenyészedény- és szabadföldi trágyázási kísérletekben való kalibrálásuk után használhatók trágyázási szaktanácsadási rendszerekben (Jones 1967, Khasawneh et al. 1980, Munson 1985, Bergmann 1992, Peverill et al. 1999, Reuter et al. 1997, Izsáki 2006, 2007, 2008, 2009, Izsáki és Németh 2007).

Az 1960 és 2000 között beállított hazai szabadföldi NPK trágyázási tartamkísérletek adatbázisából származó összefüggésekre alapozva (Csathó 2003abcde, 2004ab, 2005ab, Németh 2006), az MTA Talajtani és Agrokémiail Kutatóintézet, Budapest, és az MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet, Martonvásár szakemberei egy új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszert dolgoztak ki (Csathó et al. 1998). Az új rendszer négy trágyázási szinten ad szaktanácsokat: 1) minimum; 2) környezetkímélő; 3) mérleg-szemléletű; 4) maximum szint.

A trágyázási szaktanácsadási rendszereket – az újonnan nemesített növényfajtákhoz, hibridekhez hasonlóan – szabadföldi kísérletekben szükséges tesztelni (Olson et al. 1982, Csathó et al. 2007).

A kukorica és a búza, mint két legfontosabb termesztett növényünk, valamint a tavaszi árpa, mely mind takarmány- mind söripari célokra is használható, kerültek kiválasztásra, mint teszt növények. A korábbi magyarországi szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletek tanúsága szerint az őszi búza és a tavaszi árpa N- és P- igényes, míg a kukorica N- és K- igényes növény (Kadlicskó és Krisztián 1977, Győrffy 1979, Kismányoky et al. 1989, Holló et al. 1991, Lásztity 1991, Kádár 1992, 1994, Debreczeni és Debreczeni 1994, Debreczeni és Németh 2009).

Hároméves, három jellegzetes magyarországi talajon beállított szabadföldi kísérletben teszteltük a különböző hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek ajánlásait mind agronómiai, mind gazdaságossági szempontból (Csathó et al. 2007). A fiatalkori növények tápláltsági állapotáról ebben a közleményben számolunk be. Értékeljük a kísérlet harmadik éve után a talajok könnyen oldható PK tartalmában, és NPK mérleg értékeiben beállt változásokat is.

Anyag és módszer

2003 őszén, a Nemzetközi Foszfor Intézet (IMPHOS) finanszírozásában három-éves, szabadföldi trágyázási kísérletek kerültek beállításra véletlen blokk elrendezésben, három ismétlésben (bruttó parcella: 74–80 m²) a legfontosabb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek ajánlásainak tesztelésére: az új MTA TAKI - MTA MGKI költség- és környezetkímélő rendszer négy szintje, a Talajerőgazdálkodás integrált (www.talajerogazdalkodas.hu), valamint a MÉM NAK (1979) intenzív szaktanácsadási rendszer ajánlásait.

Az első évben, 2003/2004-ben őszi búza szerepelt mind a három kísérletben, amelyet 2005-ben kukorica, majd 2006-ban tavaszi árpa követett.

Az első három évben a kísérletekben kapott szemtermés mennyiségekről, és a gazdaságossági számításainkról korábbi közleményeinkben számoltunk be (Csathó *et al.* 2007, 2009, Sulyok *et al.* 2007ab). A gazdaságossági számítások során az egyes ajánlási szinteken eltérő adagokban kijuttatott műtrágyák árán kívül valamennyi költséget azonosnak tekintettünk. A termelési költségeket az adott évi árviszonyok alapján vettük számításba. Értelemszerűen, az egyes ajánlási szinteken kapott eltérő termésmennyiségekből származó bevételek is különbözőek voltak. A főtermés egységnyi árának megszabásakor a tőzsdei terményárak szolgálták iránymutatóul. A leggazdaságosabbnak azt a kezelést tekintettük, ahol a termésekből származó árbevétel és az adott termés eléréséhez szükséges műtrágya ára közötti különbség, azaz a területegységre jutó jövedelem a legnagyobb volt. Jelen cikkben a „leggazdaságosabb kezelés” fogalmat ilyen értelemben használjuk.

Az őszi búza és a tavaszi árpa hajtásokat a bokrosodás végén – szárbaindulás elején (Feekes 5–6) (4–4 folyóméterről) a kukorica csövel szembeni levélmintákat (20–20 levél) virágzáskor, a talajmintákat a 0–20 cm rétegből, 20–20 pontminta egyesítésével, a harmadik évben betakarítás után vettük meg.

A növények összes NPK tartalmát cc. HNO₃ + 30% H₂O₂ roncsolás után határoztuk meg.

A növényi NPK ellátottság alsó határait az alábbi koncentráció értékekkel vettük figyelembe:

N: őszi búza hajtás: 3% (Bergmann 1992), kukorica levél: 2,7% (Jones *et al.* 1991), tavaszi árpa hajtás: 2,8% (Bergmann 1992),

P: őszi búza hajtás: 0,3%, (Bergmann 1992), kukorica levél: 0,25% (Jones 1967), tavaszi árpa hajtás: 0,35% (Bergmann 1992),

K: őszi búza hajtás: 3,5% (Bergmann 1992), kukorica levél: 1,7% (Jones 1967), tavaszi árpa hajtás: 3% (Bergmann 1992).

A talaj könnyen oldható PK tartalmát az AL- módszerrel határoztuk meg (Egner et al. 1960).

A talaj PK ellátottságának értékelésekor a hazai szabadföldi trágyázási tartamkísérletek adatbázisából származó összefüggések alapján megállapított új AL-PK határértékeket vettük figyelembe (Csathó 2002, 2005ab). A CaCO_3 tartalmakat Scheibler féle kalciméterrel (Buzás 1988), a pH értékeket a KCl-es módszerrel (Buzás 1988), a talaj szervesanyag tartalmát Tyurin (1937) módszerével határoztuk meg.

A 3 IMPHOS kísérletben a talajtulajdonságok az alábbiak voltak:

A. *IMPHOS 1 kísérlet, Balatonszentgyörgy*. Ramann féle barna erdőtalaj. Talajtulajdonságok: fizikai féleség: homokos vályog; pH_{KCl} : 6,45; CaCO_3 tartalom: -; humusztartalom: 1,62%; N-ellátottság: gyenge; AL- P_2O_5 : 98 mg/kg; P-ellátottság: közepes a búza és a tavaszi árpa, jó a kukorica számára; AL- K_2O : 198 mg/kg; K-ellátottság: jó a búza és a tavaszi árpa, közepes a kukorica számára.

B. *IMPHOS 2 kísérlet, Mezőkövesd*. Réti talaj. Talajtulajdonságok: fizikai féleség: agyagos vályog; pH_{KCl} : 4,49; CaCO_3 tartalom: -; humusztartalom: 3,43%; N-ellátottság: jó; AL- P_2O_5 : 38 mg/kg; P-ellátottság: gyenge a búza és a tavaszi árpa, közepes a kukorica számára; AL- K_2O : 209 mg/kg; K-ellátottság: igen jó búza és a tavaszi árpa, jó a kukorica számára. Meszet 2 t/ha adagban az őszi búza vetése előtt juttattunk ki.

C. *IMPHOS 3 kísérlet, Nagyhorcsók*. Mészlepedékes csernozjom talaj. Talajtulajdonságok: fizikai féleség: vályog; pH_{KCl} : 7,1; CaCO_3 tartalom: 3,9%; humusztartalom: 2,95%; N-ellátottság: közepes; AL- P_2O_5 : 78 mg/kg; P-ellátottság: gyenge a búza és a tavaszi árpa, közepes a kukorica számára; AL- K_2O : 152 mg/kg; K-ellátottság: jó a búza és a tavaszi árpa, közepes a kukorica számára.

Kísérleti eredmények és értékelésük

A diagnosztikai célú növényvizsgálati eredmények értékelése

IMPHOS őszi búza kísérletek, 2004

2003/2004-ben az időjárás kedvező volt az őszi búzára, ami a nagyobb átlagtermésekben is megmutatkozott. A különböző szaktanácsadási rendszerek által javasolt NPK adagokról és a búza bokrosodás végi hajtás légszáraz tömegéről az *1. táblázatból* tájékozódhatunk. Az őszi búza műtrágyahatásokról a szemtermések mennyiségére előző közleményünkben adtunk számot (Csathó *et al.* 2007). A kísérlet első hat kezelése egy klasszikus hiánykísérletet reprezentált, melynek célja a különböző trágyázási szaktanácsadási rendszerek talaj NPK ellátottsági határértékeinek ellenőrzése, helyességük megállapítása volt. Az utolsó hat kezelés a legfontosabb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek ajánlásait jelentette: az új, költség- és környezetkímélő MTA TAKI - MTA MGKI szaktanácsadási rendszer négy szinten ad ajánlásokat: 1) minimum; 2) környezetkímélő; 3) mérleg-szemléletű; 4) maximum növénytáplálási szint; a Talajrögazdálkodás integrált rendszer jelentette az ötödik, a MÉM NAK intenzív rendszer a hatodik szaktanácsadási kezelést (*1. táblázat*).

A bokrosodás végén – szárbaindulás elején (Feekes 5–6) vett őszi búza hajtás diagnosztikai célú növényvizsgálati eredményekről az *1. táblázatból* és az *1. ábrából* tájékozódhatunk. A három kísérleti hely közül, a búza hajtás NPK tartalmak a balatonszentgyörgyi (IMPHOS 1) kísérletekben voltak a legnagyobbak. A hajtás NPK tartalmakban megjelenő NPK hatások is itt voltak a legkifejezettebbek. A búza hajtás N%-okban kapott N hatások az IMPHOS 1 kísérletben (gyenge N ellátottság), és az IMPHOS 3 kísérletben (közepes N ellátottság) nagyobbak voltak, mint az IMPHOS 2 kísérletben (jó N ellátottság). A bokrosodás végi búza hajtás jó ellátottságának alsó határát figyelembe véve (N: 3%; P: 0,3%; K: 3,5%, Bergmann 1992), a növényi NPK koncentrációk a hat műtrágyázási szaktanácsadási kezelésben meghaladták ezeket a határértékeket, jelezve az őszi búza kielégítő NPK ellátottságát. Egyedüli kivételt a nagyhőrcsöki (IMPHOS 3) kísérlet jelentett, ahol a búza K tartalmak valamivel a jó K ellátottság alsó határa alatt maradtak. Ugyanakkor, az őszi búza szemtermés eredményeket figyelembe véve, ebben a kísérletben, káliumhiány okozta szignifikáns terméscsökkenést sem tapasztaltunk (Csathó *et al.* 2007).

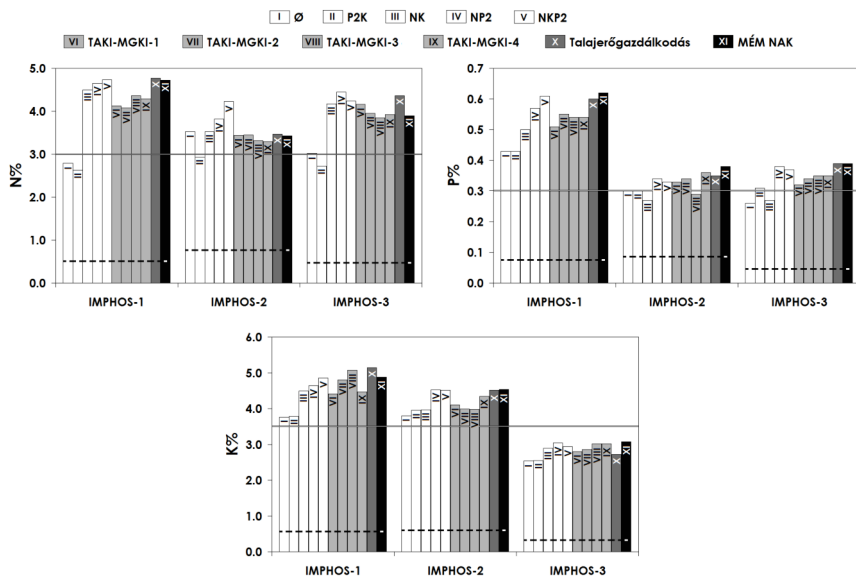
1. táblázat. Műtrágyaadagok és bokrosodás régi hajtás légszáraz tömeg ($g/0,5 m^2$) eredmények az IMPHOS őszi búza kísérletekben, 2004

#	Kezelés (1)	IMPHOS-1						IMPHOS-2						IMPHOS-3													
		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Hajtás (2)		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Hajtás (2)		N		P ₂ O ₅		K ₂ O		Hajtás (2)			
		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g	g	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g	g	kg/ha	kg/ha	g	g	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g	g	g	g	
I	Ø	0	0	0	0	0	0	46,3	0	0	0	0	NM	0	0	0	0	18,0	0	0	0	0	18,0	0	0	0	
II	P2K	0	100	50	50	48,4	0	100	50	50	50	50	NM	0	100	50	50	36,6	0	100	50	50	36,6	0	100	50	
III	NK	150	0	50	50	73,2	150	0	50	50	50	50	NM	150	0	50	50	20,7	150	0	50	50	20,7	150	0	50	
IV	NP2	150	100	0	83,2	83,2	150	100	0	100	100	100	NM	150	100	0	100	48,4	150	100	0	100	100	48,4	150	100	0
V	NKP2	150	100	50	89,5	89,5	150	100	50	100	100	50	NM	150	100	50	100	54,8	150	100	50	100	50	54,8	150	100	50
VI	TAKI-MGKI-1 (3)	88	55	0	76,6	76,6	73	67	0	67	67	0	NM	88	66	0	66	44,0	88	66	0	66	0	44,0	88	66	0
VII	TAKI-MGKI-2 (3)	99	61	19	89,7	89,7	85	79	0	79	0	0	NM	101	78	20	78	50,2	101	78	20	78	20	50,2	101	78	20
VIII	TAKI-MGKI-3 (3)	110	66	38	88,7	88,7	97	85	0	85	0	0	NM	113	84	39	84	61,1	113	84	39	84	39	61,1	113	84	39
IX	TAKI-MGKI-4 (3)	121	72	56	80,6	80,6	109	91	0	91	0	0	NM	126	90	59	90	56,9	126	90	59	90	59	56,9	126	90	59
X	Talajtrőgzd. (4)	140	100	0	93,6	93,6	140	120	0	120	0	0	NM	150	120	0	120	65,4	150	120	0	120	0	65,4	150	120	0
XI	MÉM NAK (5)	155	75	90	79,8	79,8	138	143	13	143	13	13	NM	120	138	102	138	53,2	120	138	102	138	102	53,2	120	138	102
	SzD _{5%} (6)				23,0	23,0							-					15,0						15,0			
	Átlag (7)				77,2	77,2							-					46,3						46,3			

NM: nem mérték; kiszürkített adagok: az adott helyen a három leggazdagosabb szaktanácsadási kezelés.

Table 1. Fertiliser rates and air-dry weight ($g/0,5 m^2$) at the end of the stooing phase in the IMPHOS winter wheat experiments, 2004. (1) Treatment, (2) Shoot, (3) Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, (4) Talajtrőgzdálkodás Kkt. (5) MÉM NAK fertiliser recommendation system, (6) LSD_{5%}, (7) Average. NM: the given factor was not measured; grey rates: the three most economical treatment in the given location.

1. ábra. Az őszi búza bokrosodás végi (Feekes 5–6) hajtás NPK tartalmai az IMPHOS kísérletekben, 2004



A folytonos vízszintes vonalak a jó ellátottság alsó határát, míg a szaggatott vonalak az SzD_{5%} értékeket jelzik.

Figure 1. NPK contents of the winter wheat shoot at the end of the stiling phase (Feekes 5–6) in the IMPHOS experiments, 2004. Continuous horizontal lines represent the lower margin of good level of supply, whereas dashed lines show LSD_{5%} values.

Az őszi búza hajtás NPK tartalmak a Talajérőgazdálkodás és a MÉM NAK ajánlásokban (ahol az NPK adagok is nagyobbak voltak) általában magasabbak voltak az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer ajánlásainál kapottaknál, ugyanakkor a jobb növényi NPK státusz nem jelentkezett többlet szemtermés mennyiségekben (1. táblázat, 1. ábra, Csathó et al. 2007).

IMPHOS kukorica kísérletek, 2005

2005-ben az időjárás különösen kedvező feltételeket teremtett a nagy kukorica termések eléréséhez. Télen és tavasszal átlagos mennyiségű csapadék hullott, a nyár ugyanakkor meleg és igen csapadékos volt, júliusban és augusztusban a sokévi átlag 2–3-szorosa hullott. Ezek a kedvező körülmények mind a három kísérleti helyen 10 t/ha feletti terméseket eredményeztek.

A kísérletekben kapott szemtermés eredményeket korábbi közleményünkben is ismertettük (2. táblázat) (Csathó et al. 2007).

2. táblázat. *Műtrágyaadagok és virágzáskori levél légszáraz tömeg (g/20 levél) eredmények az IMPHOS kukorica kísérletekben, 2005*

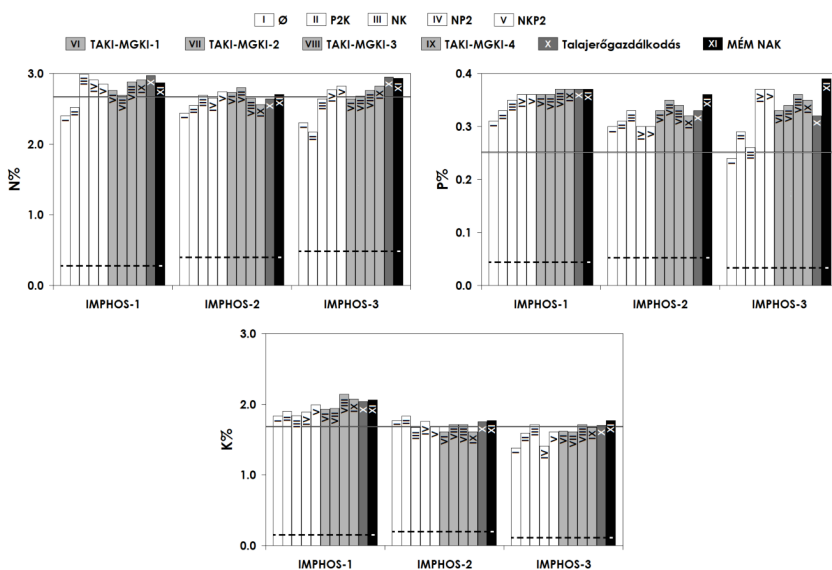
#	Kezelés (1)	IMPHOS-1					IMPHOS-2					IMPHOS-3				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Levél (2)	g	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Levél (2)	g	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Levél (2)	g
		kg/ha					kg/ha					kg/ha				
I	Ø	0	0	0	76,8	0	0	0	61,7	0	0	0	0	63,7		
II	P2K	0	100	100	69,7	0	100	100	61,5	0	100	100	0	66,0		
III	NK	150	0	100	77,0	150	0	100	70,7	150	0	100	0	62,1		
IV	NP2	150	100	0	75,9	150	100	0	69,7	150	100	0	0	67,0		
V	NKP2	150	100	100	77,8	150	100	100	74,7	150	100	100	100	67,7		
VI	TAKI-MGKI-1 (3)	110	0	88	81,0	63	56	0	68,0	97	60	94	66,0			
VII	TAKI-MGKI-2 (3)	124	22	97	76,6	76	62	42	69,7	113	65	103	65,4			
VIII	TAKI-MGKI-3 (3)	138	45	106	77,3	90	67	84	70,3	128	71	112	68,2			
IX	TAKI-MGKI-4 (3)	153	67	141	78,5	103	73	118	72,0	143	77	150	66,8			
X	Talajtrőgazd. (4)	170	0	160	79,4	140	60	140	69,7	180	0	180	66,4			
XI	MÉM NAK (5)	256	96	208	80,9	175	168	161	71,0	200	200	240	66,7			
	SzD _{5%} (6)				6,7				6,8				3,1			
	Átlag (7)				77,4				69,0				66,0			

Kiszürkített adagok: az adott helyen a három leggazdaságosabb szaktanácsadási kezelés.

Table 2. Fertiliser rates and air-dry weight (g/0.5 m²) during flowering in the IMPHOS maize experiments, 2005. (1) Treatment, (2) Leaf, (3) Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, (4) Talajtrőgazdálkodás Kkt. (5) MÉM NAK fertiliser recommendation system, (6) LSD_{5%}, (7) Average. Grey rates: the three most economical treatment in the given location.

A kukorica virágzáskori, csővel szemközti levél diagnosztikai célú vizsgálati adatait a 2. ábrán és a 2. táblázatban tanulmányozhatjuk. A három kísérleti hely között a kukorica levél NPK tartalmakban megnyilvánuló különbségek sokkal kisebbek voltak, mint az őszi búza hajtás NPK tartalmakban tapasztaltak. A három kísérleti hely közül ismét csak az IMPHOS 1 kísérlet kukorica levél, különösen a K tartalmai voltak valamivel nagyobbak, mint a másik két helyen. A kukorica levél N%-okban kapott N hatások az IMPHOS 1 kísérletben (gyenge N ellátottság), és az IMPHOS 3 kísérletben (közepes N ellátottság) nagyobbak voltak, mint az IMPHOS 2 kísérletben (jó N ellátottság). A virágzáskori kukorica levél jó ellátottságának alsó határát figyelembe véve (N: 2,7%; P: 0,25%; K: 1,7%, Jones *et al.* 1991; Jones 1967), a növényi NPK koncentrációk a hat műtrágyázási szaktanácsadási kezelésben ismét meghaladták ezeket a határértékeket, jelezve a kukorica jó NPK ellátottságát.

2. ábra. A kukorica virágzáskori, csővel szemközti levél NPK tartalmai az IMPHOS kísérletekben, 2005



A folytonos vízszintes vonalak a jó ellátottság alsó határát, míg a szaggatott vonalak az $SzD_{5\%}$ értékeket jelzik.

Figure 2. The NPK contents of the maize leaf on the opposite side of the ear during flowering in the IMPHOS experiments, 2005. Continuous horizontal lines represent the lower margin of good level of supply, whereas dashed lines show $LSD_{5\%}$ values.

A kukorica levél NPK tartalmak a Talajerőgazdálkodás és a MÉM NAK ajánlásokban (ahol az NPK adagok is nagyobbak voltak) többször is magasabbak voltak az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer ajánlásainál kapottaknál, ugyanakkor a nagyobb növényi NPK tartalmak nem jelentkeztek többlet szemtermés mennyiségekben (2. táblázat, 2. ábra, Csathó et al. 2007).

IMPHOS tavaszi árpa kísérletek, 2006

Az időjárás a korábbi két évhez hasonlóan 2006-ban is kedvező volt az IMPHOS kísérletek számára, viszonylag nagy tavaszi árpa szemtermés eredményeket eredményezve. Ugyanakkor a csapadékos tavasz miatt a mezőkövesdi agyagos vályog fizikai féleségű talajon (IMPHOS 2 kísérlet) időszakos vízállások alakultak ki, amelyek foltszerűen károsították az állományt.

A kísérletekben kapott tavaszi árpa szemtermés mennyiségekről korábbi közleményünkben számoltunk be (Csathó et al. 2007).

A tavaszi árpa N adagokat sörárpa hasznosításra állapítottuk meg (3. táblázat).

A bokrosodásvégén-szárbaindulás elején (Feekes 5–6) vett tavaszi árpa hajtás diagnosztikai célú növényvizsgálati eredményeiről a 3. ábrában számolunk be.

A három kísérleti hely közül az árpa hajtás N és K tartalmak a nagyhorcsői (IMPHOS 3), míg a P koncentrációk a balatonszentgyörgyi (IMPHOS 1) kísérletben voltak a legnagyobbak. Az árpa hajtás NPK tartalmakban kifejezett NPK hatások is az utóbbi kísérletben voltak a legnagyobbak. Az árpa hajtás N%-okban kapott N hatások, a másik két növényhez hasonlóan, az IMPHOS 1 kísérletben (gyenge N ellátottság), és az IMPHOS 3 kísérletben (közepes N ellátottság) nagyobbak voltak, mint az IMPHOS 2 kísérletben (jó N ellátottság). A bokrosodás végi tavaszi árpa hajtás jó ellátottságának alsó határát figyelembe véve (N: 2,8%; P: 0,35%; K: 3,0%, Bergmann 1992), a növényi NPK koncentrációk a hat műtrágyázási szaktanácsadási kezelésben meghaladták ezeket a határértékeket, jelezve a kielégítő NPK ellátottságokat. Az egyedüli kivételt a mezőkövesdi (IMPHOS 2) kísérlet képviselte, ahol az árpa hajtás N tartalmak a jó N ellátottság alsó határa alatt maradtak. A balatonszentgyörgyi (IMPHOS 1) kísérletben szintén a jó ellátottság alsó határa alatt maradtak a hajtás N tartalmak. Ugyanakkor, a tavaszi árpa szemtermés eredményeket figyelembe véve, ezekben a kísérletekben, N hiány okozta szignifikáns terméseszkökenést sem tapasztaltunk (Csathó et al. 2007).

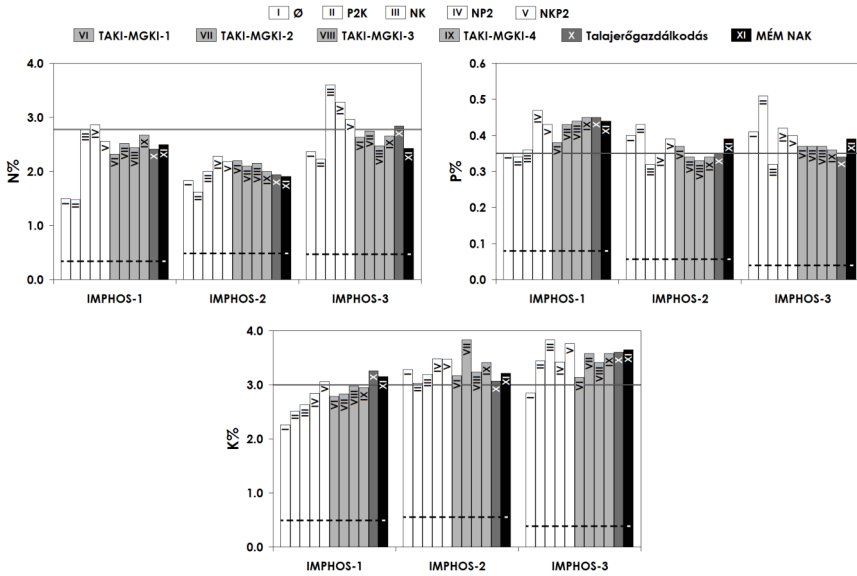
3. táblázat. Műtrágyaadagok és bokrosodás végi hajítás légszáraz tömeg (g/0,5 m²) eredmények az IMPHOS tavaszi árpa kísérletekben, 2006

#	Közéles (1)	IMPHOS-1					IMPHOS-2					IMPHOS-3				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hajítás (2)		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hajítás (2)		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Hajítás (2)	
					kg/ha	g				kg/ha	g				kg/ha	g
I	Ø	0	0	0	46,3	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	47
II	P2K	0	100	50	48,4	0	100	50	79	0	100	50	100	50	50	50
III	NK	100	0	50	73,2	100	0	50	113	100	0	50	0	50	67	
IV	NP2	100	100	0	83,2	100	100	0	163	100	100	100	100	0	117	
V	NKP2	100	100	50	86,3	100	100	50	165	100	100	100	100	50	117	
VI	TAKI-MGKI-1 (3)	55	48	0	89,5	48	58	0	143	51	57	0	87			
VII	TAKI-MGKI-2 (3)	64	56	0	76,6	52	68	0	149	61	66	23	107			
VIII	TAKI-MGKI-3 (3)	78	65	0	89,7	67	77	0	161	75	75	46	107			
IX	TAKI-MGKI-4 (3)	91	73	0	88,7	76	86	0	158	84	84	69	100			
X	Talajtrőgzad. (4)	70	60	100	80,6	50	80	90	155	60	80	90	120			
XI	MÉM NAK (5)	110	77	94	93,6	50	115	98	159	55	126	165	97			
	SzD _{5%} (6)				23,0				70				26			
	Átlag (7)				77,8				137				92			

Kiszűrtített adagok: az adott helyen a három leggazdagabb szaktanácsadási kezelés.

Table 3. Fertiliser rates and air-dry weight (g/0.5 m²) at the end of the stooing phase in the IMPHOS winter barley experiments, 2006. (1) Treatment, (2) Shoot, (3) Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, (4) Talajtrőgzalkodás Kkt. (5) MÉM NAK fertiliser recommendation system, (6) LSD_{5%}, (7) Average. Grey rates: the three most economical treatment in the given location.

3. ábra. A tavaszi árpa bokrosodás végi (Feekes 5–6) hajtás NPK tartalmai az IMPHOS kísérletekben, 2006



A folytonos vízszintes vonalak a jó ellátottság alsó határát, míg a szaggatott vonalak az SzD_{5%} értékeket jelzik.

Figure 3. NPK contents of the winter barley shoot at the end of the stooling phase (Feekes 5–6) in the IMPHOS experiments, 2006. Continuous horizontal lines represent the lower margin of good level of supply, whereas dashed lines show LSD_{5%} values.

Mint ismeretes, a sörárpa minőségi mutatóit a túlzott N kínálat jelentősen ronthatja (3. táblázat, 3. ábra).

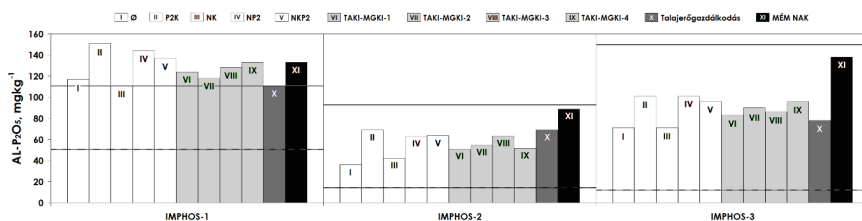
A tavaszi árpa hajtás NPK tartalmak a Talajérőgazdálkodás és a MÉM NAK ajánlásokban (ahol az NPK adagok is nagyobbak voltak) többször is magasabban voltak az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer ajánlásainál kapottaknál, ugyanakkor a nagyobb növényi NPK tartalmak nem jelentkeztek többlet szemtermés mennyiségekben (3. táblázat, 3. ábra, Csathó et al. 2007).

A talaj tápelem vizsgálati eredmények értékelése

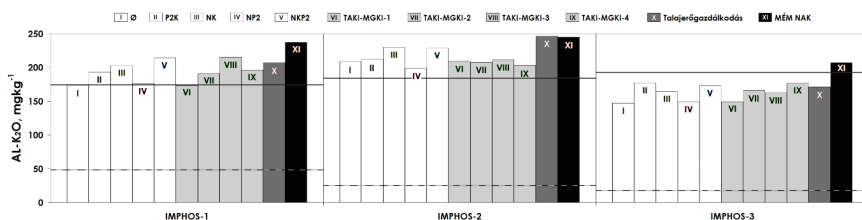
A harmadik évi tavaszi árpa betakarítás után a talaj könnyen oldható (Egner et al. 1960) AL, PK tartalma meghatározása céljából talajmintákat vettünk (4. AB. ábra).

4. ábra. A talaj AL-PK tartalmak az IMPHOS kísérletek harmadik éve után, 2006 őszén

A: AL-P₂O₅ tartalmak



B: AL-K₂O tartalmak



A folytonos vízszintes vonalak a jó ellátottság alsó határát, míg a szaggatott vonalak az SzD_{5%} értékeket jelzik.

Figure 4. AL-PK contents of the in autumn 2006, after the third year of the IMPHOS experiments. A: AL-P₂O₅ contents; B: AL-K₂O contents. Continuous horizontal lines represent the lower margin of good level of supply, whereas dashed lines show LSD_{5%} values.

A három kísérleti helyet összehasonlítva, a talaj AL-P₂O₅ tartalmak a kísérlet harmadik éve után összefüggést mutattak a kísérletek beállításakor, 2003 őszén mért AL-P₂O₅ tartalmakkal, amelyek közepes-jó P ellátottságot jeleztek az IMPHOS 1 kísérletben, és gyenge P ellátottságot az IMPHOS 2 és IMPHOS 3 kísérletekben.

A harmadik év után, a balatonszentgyörgyi (IMPHOS 1) kísérlet mind a hat szaktanácsadási kezelésében jó P ellátottságokat állapítottunk meg (jó P ellátottság alsó határa: 111 mg/kg AL-P₂O₅, Csathó 2002). Ugyanakkor a P ellátottság gyenge maradt a mezőkövesdi (IMPHOS 2) (jó P ellátottság alsó határa: 93 mg/kg AL-P₂O₅, Csathó 2002) és a nagyhöröcsöki (IMPHOS 3) (jó P ellátottság alsó határa: 150 mg/kg AL-P₂O₅, Csathó 2002) kísérletekben (4. A. ábra).

Ez alól csupán a MÉM NAK intenzív rendszer kezelése volt kivétel, amely jó ellátottságot mutatott az IMPHOS 2 kísérletben, és a közepes P ellátottság felső

részen helyezkedett el az IMPHOS 3 kísérletben. Mint ahogy a költség- és környezetkímélő MTA TAKI - MTA MGKI rendszer és az intenzív MÉM NAK rendszer filozófiájának összehasonlításakor jeleztük is, az előbbi „a növény trágyázásával”, míg az utóbbi „a talaj trágyázásával” jellemezhető (Csathó et al. 1998, 2007). Az eltérő megközelítések ellenére, a környezetkímélő MTA TAKI - MTA MGKI rendszer ajánlásaival kapott szemtermés mennyiségek gyakorlatilag azonosaknak voltak tekinthetők az intenzív MÉM NAK rendszer ajánlásaival kapottakkal. Ez azt is jelentette, hogy a területegységre jutó nettó jövedelem a költség- és környezetkímélő MTA TAKI - MTA MGKI rendszer ajánlásainál volt a legnagyobb (Csathó et al. 2007).

A három kísérleti helyet összehasonlítva, többé-kevésbé a kísérletek harmadik éve után mért talaj AL-K₂O tartalmak is összefüggést mutattak a kísérletek beállításkor, 2003 őszén mért AL-K₂O tartalmakkal, bár, az egyes helyek közötti különbségek csökkentek a harmadik év utáni abszolút és K-kontroll (NP) parcellákon mért AL- K₂O tartalmakban (4. B. ábra).

A harmadik év után, a homokos vályog fizikai féleségű balatonszentgyörgyi (IMPHOS 1) kísérlet mind a hat szaktanácsadási kezelésében jó K ellátottságokat állapítottunk meg (jó K ellátottság alsó határa: 170 mg/kg AL-K₂O, Csathó 2005a). A mezőkövesdi agyagos vályog fizikai féleségű talajon (IMPHOS 2 kísérlet) (jó K ellátottság alsó határa: 190 mg/kg AL-K₂O, Csathó 2005a) és a nagyhőrcsöki, könnyű vályog fizikai féleségű talajon (IMPHOS 3 kísérlet) (jó K ellátottság alsó határa: 180 mg/kg AL-K₂O, Csathó 2005a) ezekben a kezeléseken a közepes ellátottság felső határt jelezték a harmadik év utáni AL-K₂O tartalmak (4. B. ábra). A korábbi hazai szabadföldi trágyázási tartamkísérletek tanúsága szerint, sokkal nehezebb az agyagos vályog talajok AL-K tartalmat növelni, mint pl. egy homokos vályog talajét (Debreczeni és Debreczeni 1994, Debreczeni és Németh 2009).

Az NPK mérleg eredmények értékelése

Az IMPHOS kísérletekben a kísérletek harmadik éve utáni becsült kumulált NPK mérleg értékeket az NPK adagok, a termésszintek, a betakarított termés NPK tartalma, és a melléktermékek sorsa is befolyásolták. Az utóbbi eltérően alakult a három kísérleti helyen (4. táblázat).

4. táblázat. A három évi kumulált NPK mérlegek és a három évi átlagos szemtermés eredmények (GE t/ha) az IMPHOS kísérletekben, 2004–2006

#	Kezelés (1)	IMPHOS-1					IMPHOS-2					IMPHOS-3				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Szem, GE (2)	t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Szem, GE (2)	t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Szem, GE (2)	t/ha
		mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha	mérleg (3), kg/ha
I	Ø	-152	-110	-135	4,70	-310	-138	-82	6,11	-223	-93	-197	3,63			
II	P2K	-168	169	36	5,38	-340	146	123	6,74	-264	176	-30	4,13			
III	NK	75	-167	-55	7,46	-23	-181	101	8,01	16	-122	-146	5,79			
IV	NP2	64	116	-263	7,95	-76	102	-114	8,50	-67	128	-335	6,56			
V	NKP2	30	96	-175	8,19	-86	116	92	8,29	-116	99	-211	7,00			
VI	TAKL-MGKI-1 (4)	-15	-59	-123	6,95	-231	-1	-101	9,62	-195	14	-233	6,43			
VII	TAKL-MGKI-2 (4)	-7	-28	-148	7,44	-248	13	-64	7,99	-196	40	-215	6,85			
VIII	TAKL-MGKI-3 (4)	-29	-15	-190	7,94	-188	49	-19	8,26	-188	43	-194	6,81			
IX	TAKL-MGKI-4 (4)	28	35	-88	7,70	-150	64	15	8,24	-113	67	-86	6,76			
X	Talajferőgazd. (5)	21	-41	-79	8,02	-141	72	123	8,35	-85	42	-113	6,62			
XI	MÉM NAK (6)	175	38	44	8,07	-120	243	170	7,95	-73	277	105	6,70			
	SzD ₉₅ (7)				0,62				0,46				0,46			
	Átlag (8)				7,25				8,01				6,12			

Kiszűnkített adatok: az adott helyen a három leggazdaságosabb szaktanácsadási kezelés.

Table 4. Three year long cumulated NPK balances and average grain yield results for the three years (GE t ha⁻¹) in the IMPHOS experiments, 2004–2006. (1) Treatment, (2) Grain GE, (4) Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry, (5) Talajferőgazdálkodás Kkt. (6) MÉM NAK fertilizer recommendation system, (7) LSD_{5%}, (8) Average. Grey rates: the three most economical treatment in the given location.

Az NPK adagokról az 1., 2. és 3. táblázatokból, a szemtermés mennyiségekről korábbi közleményünkben tájékozódhatunk (Csathó et al. 2007). A melléktermékek sorsa az alábbiak szerint alakult az egyes kísérletekben: Balatonszentgyörgy (IMPHOS 1) kísérlet: a búza és az árpa szalma lekerültek, a kukorica szár a területen maradt; Mezőkövesd (IMPHOS 2) kísérlet: a búza és az árpa szalma, valamint a kukorica szár is a területen maradtak; Nagyhorcsök (IMPHOS 3) kísérlet: a búza és az árpa szalma, valamint a kukorica szár is lekerültek a területekről.

A hat szaktanácsadási kezelésben a gabonaegységben (GE t/ha) kifejezett három évi átlagos szemtermés mennyiségek 7 t/ha körül alakultak a nagyhorcsöki (IMPHOS 3) kísérletben, míg 8 t/ha körül a balatonszentgyörgyi (IMPHOS 1) és a mezőkövesdi (IMPHOS 2) kísérletekben. A három év átlagában, az NPK hatások hasonlóan alakultak az IMPHOS 1 és az IMPHOS 3 kísérletekben (2,8; 0,7; 0,3 t/ha, és 2,9; 1,2; 0,4 t/ha), míg sokkal kevésbé kifejezettek voltak az IMPHOS 2 kísérletben (1,6; 0,3; 0,0 t/ha). Ez a N és a K tekintetében jól összefüggésbe hozható a talajok eredeti N és K ellátottságával. A P hatások a vártnál valamivel nagyobbak voltak az IMPHOS 1 kísérletben, ugyanakkor a vártnál kisebbnek bizonyultak az IMPHOS 2 kísérletben. Ez utóbbi azzal is magyarázható, hogy a 2003 őszén kijuttatott 2 t/ha mézadag hatására javulhatott a P vegyületek felvehetősége ezen az eredetileg erősen savanyú (pH: 4,49) agyagos vályog, a foszfort erősen fixáló talajon (4. táblázat).

A három év átlagában a hat szaktanácsadási kezelés szemtermése között nem volt szignifikáns különbség. Ez alól csupán az MTA TAKI - MTA MGKI 1. (minimum) szintje volt kivétel, a másik öt ajánlási szint három évi átlagtermése nem különbözött megbízhatóan.

A kísérletek valamennyi kezelését figyelembe véve, a N mérlegek az IMPHOS 2 kísérletben, a P mérlegek az IMPHOS 1 kísérletben, míg a K mérlegek az IMPHOS 3 kísérletben voltak a legnegatívabbak.

Az egyes kísérleteken belül, a kezeléseket összehasonlítva, magától érthető módon, az abszolút kontrol, a N- (PK), a P- (NK), ill. a K- (NP) kontrollokon kaptunk a legnegatívabb NPK mérlegeket. A hat szaktanácsadási kezelés között, a legtöbb esetben, a költség- és környezetkímélő MTA TAKI - MTA MGKI rendszer négy ajánlási szintjén voltak a legkevésbé pozitívak az NPK mérlegek. A Talajerőgazdálkodás integrált rendszer kezelése az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer 4. (maximum) ajánlási szintjén kapottakhoz hasonló NPK mérlegeket eredményeztek, a K kivételével az IMPHOS kísérletben, ahol jó - igen jó a

talaj eredeti K ellátottsága, és ahol a Talajerőgazdálkodás kezelésben a K mérleg pozitívabb. A hat szaktanácsadási kezelés közül a MÉM NAK intenzív rendszer ajánlásainál kaptuk a legpozitívabb NPK mérlegeket (4. táblázat).

Tekintettel arra, hogy hasonlóan nagy terméseket kisebb NPK mérleg értékek mellett értünk el az MTA TAKI - MTA MGKI rendszer négy ajánlási szintjén, és a Talajerőgazdálkodás integrált rendszer ajánlásával, mint a MÉM NAK intenzív rendszer ajánlásával, az előző ajánlások alkalmazása mind agronómiai, mind környezetvédelmi, mind gazdaságossági szempontokból kedvezőbb volt. A MÉM NAK intenzív rendszer ugyanakkor történelmi küldetést töltött be, és elévülhetetlen érdemeket szerzett talajaink foszforral és káliummal való feltöltésében abban az időszakban, amikor még alacsonyok voltak a műtrágya-árak.

A kísérletek 3. éve után a PK mérlegértékekben kimutatott különbségek jó összefüggést mutattak a talajok AL-PK tartalmában megnyilvánuló eltérésekkel (4. táblázat, 4. AB. ábra).

IRODALOM

- Bergmann, W. (ed.):* 1992. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytic diagnosis. Gustav Fischer. Jena. Stuttgart. New York.
- Buzás I.:* 1988. Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv. II. A talajok fizikai-kémiai és kémiai tulajdonságainak vizsgálati módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 243.
- Csathó P.:* 2002. Az AL-P korrekciós modell értékelése a hazai szabadföldi őszi búza P kísérletek adatbázisán, 1960–2000. Agrokémia és Talajtan. 51: 351–380.
- Csathó P.:* 2003a. Őszi búza N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Növénytermelés. 52. 1: 41–59.
- Csathó P.:* 2003b. Lucerna N hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Növénytermelés. 52. 3: 243–253.
- Csathó P.:* 2003c. Kukorica N hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Agrokémia és Talajtan. 52: 169–184.
- Csathó P.:* 2003d. Kukorica P hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Szemle. Agrokémia és Talajtan. 52. 455–472.

- Csathó P.*: 2003e. Őszi búza P-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Növénytermelés*. 52. 6: 679–701.
- Csathó P.*: 2004a. Lucerna P-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Növénytermelés*. 53. 2: 141–156.
- Csathó P.*: 2004b. A talaj-növény rendszer tápelemforgalmának agronómiai és környezetvédelmi vonatkozásai. MTA Doktori Értekezés Tézise. MTA, Budapest - MTA TAKI. Budapest. Kézirat. 24.
- Csathó P.*: 2005a. Őszi búza K hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Szemle. Növénytermelés*. 54. 2: 197–213.
- Csathó P.*: 2005b. Kukorica K hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Szemle. Növénytermelés*. 54. 4: 447–465.
- Csathó, P.–Árendás, T.,–Németh, T.*: 1998. New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 29: 2161–2174.
- Csathó P.–Árendás T.–Fodor N.–Németh T.*: 2007. A legelterjedtebb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelése szabadföldi kísérletekben. *Szemle. Agro-kémia és Talajtan*. 56: 173–190.
- Csathó, P.–Árendás, T.–Fodor, N.–Németh, T.*: 2009. Evaluation of different fertilizer recommendation systems on various soils and crops in Hungary. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 40: 1689–1711.
- Debreczeni B.–Debreczeni K. (szerk.)*: 1994. Trágyázási Kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó. Budapest. 411.
- Debreczeni B.–Németh T. (szerk.)*: 2009. Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967–2001). Akadémiai Kiadó. Budapest. 296–319.
- Egner, H.–Riehm, H.–Domingo, W. R.*: 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden Zur Phosphor-und Kalium Bestimmung. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler (Annals of the Royal Agricultural College. Sweden)* 26: 199–215.
- Győrffy B.*: 1979. A kukoricaszár trágyahatásának vizsgálata tartamkísérletben, 1958–1974. [In: Bajai J. (szerk.) *Kukoricatermesztési kísérletek 1968–1974.*] Akadémiai Kiadó. Budapest. 243–249.
- Holló S.–Csathó P.–Sarkadi J.*: 1991. A foszfor műtrágyázás hatékonysága kukorica-tavaszi árpa-őszi búza vetésváltásban egy csernozjom barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 40. 1: 51–66.

- Izsáki, Z.*: 2006. Relationship between potassium supplies of the soil and nutrient concentration of maize (*Zea mays* L.) leaves. *Cereal Res. Commun.* 34: 501-504.
- Izsáki Z.*: 2007. Összefüggés a talaj N, P, és K ellátottsága és a kukorica (*Zea mays* L.) terméshozama közötti. *Acta Agronomica Óváriensis.* 49: 207-212.
- Izsáki, Z.*: 2008. Effect of soil P supply on P-Zn interactions in a maize (*Zea mays* L.) long-term field experiment. *Cereal Res. Commun.* 36: 1851-1854.
- Izsáki, Z.*: 2009. Effect of nitrogen supply on nutritional status of maize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 40: 960-973.
- Izsáki, Z.-Németh, K. T.*: 2007. Use of chlorophyll meter to determine the nitrogen status of winter barley. *Cereal Res. Commun.* 35: 521-524.
- Jones, J. B.*: 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. [In: Hardy, G. W. (ed.) *Soil Testing and Plant Analysis: part 2.*] SSSA Spec. Publ. SSSA Inc. Madison. WI. 2: 49-85.
- Jones, J. B. Jr.-Wolf, B.-Mills, H. A.*: 1991. Plant analysis handbook; A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Inc., Athens. USA.
- Kádár I.*: 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI -AKAPRINT. Budapest. 398.
- Kádár, I.*: 1994. Importance of long-term field experiments in sustainable agriculture. *Agrokémia és Talajtan.* 43: 291-304.
- Kadlicskó B.-Krisztián J.*: 1977. N-P-K műtrágya adagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával, erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Növénytermelés.* 26. 3: 315-322.
- Khasawneh, F. E.-Sample, E. C.-Kamprath, E. J. (eds.)*: 1980. The role of phosphorus in agriculture. ASA, CSSA, SSSA, Madison. Wisconsin. USA.
- Kismányoky T.-Balázs J.-Hoffmann S.-Kováts A.-Szanyi M.*: 1989. Gabonás vetésforgó N-forgalmának vizsgálata. [In: MAE Talajtani Társaság Vándorgyűlése. Szarvas, 1988. 09. 1-2.] *Agrokémia és Talajtan.* 38: 93-97.
- Lásztity B.*: 1991. A feltöltő adagú foszfor- és kálium műtrágyázás utóhatásainak vizsgálata karbonátos gyengén humuszos homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan.* 40: 419-430.
- MÉM NAK*: 1979. Fertilization directives on farm-level. [Buzás, I.-Fekete, A. (eds.)] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Munson, R. D. (ed.)*: 1985. Potassium in agriculture. ASA, CSSA, SSSA. Madison. Wisc. USA.
- Németh, T.*: 2006. Application of the Bray-Mitscherlich equation approach for economically and environmentally sound fertilization of field crops in Hungary. *Commun. in Soil Sci. and Plant Anal.* 37: 2227-2247.
- Olson, R. A.-Frank, K. D.-Grabouski, P. H.-Rehm, G. W.*: 1982. Economic and agronomic impacts of varied philosophies of soil testing. *Agronomy Journal.* 74: 492-499.
- Peeverill, K. I.-Sparrow, L. A.-Reuter, D. J. (eds.)*: 1999. Soil Analysis. An Interpretation Manual. CSIRO Publishing. Collingwood. Australia. 369.

- Reuter, D. J.–Robinson, J. B.–Dutkiewicz, C. (eds.):* 1997. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Second Edition. CSIRO Publishing. Collingwood. Australia. 572.
- Sulyok D.–Csathó P.–Árendás T.–Fodor N.–Németh T.:* 2007a. Az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termesztésének ökonómiai elemzése műtrágyázási kísérletben. Agrárunió. 8. 2: 27–29.
- Sulyok D.–Csathó P.–Árendás T.–Fodor N.–Németh T.:* 2007b. A kukorica (*Zea mays* L.) termesztésének ökonómiai elemzése műtrágyázási kísérletben. Agrárunió. 8. 3: 22–26.
- Tyurin, I. V.:* 1937. Organicheskoe veschestvo pochvi (A talajok szervesanyag tartalma). Selhhozgiz. Moscow.
- www.talajerogazdalkodas.hu

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Dr. Árendás Tamás
MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet
Martonvásár
Brunszkiv u. 2.
H-2462

Dr. Fodor Nándor–Dr. Csathó Péter–Dr. Radimsky László
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet
Budapest
Herman Ottó u. 15.
H-1022

Dr. Horváth József
Talajerőgazdálkodás Kkt
Kaposvár
Petőfi S. u. 11.
H-7400

Dr. Németh Tamás
Magyar Tudományos Akadémia
Budapest
Roosevelt tér 9.
H-1051