

Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon

I. N- és P-műtrágyahatások az őszebúza-kísérletekben

SARKADI JÁNOS,¹ BALLA ALAJOSNÉ¹ és MIKLAYNÉ TÜDŐS ESZTER²

¹ MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest és

² KATE Földművelési és Növénytermesztési Intézete, Keszthely

A különböző adagú és arányú NPK-műtrágyák hatásának vizsgálata céljából 1966-ban kezdődtek meg hazánkban az egységes országos műtrágyázási kísérletek. Az eredetileg 18 termőhelyen — köztük az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete nagyhörcsöki kísérleti telepén — megkezdett, helyenként 8—10 részkísérletből álló, nagyszabású kísérletsorozat tervét az akkori Földművelésügyi Minisztérium által megbízott kollektíva dolgozta ki, LÁNG GÉZA akadémikus vezetésével. Időközben egyes részkísérletek tervei különböző okok miatt módosultak. A módosításokat az egységesség miatt mi is végrehajtottuk, bár nem mindegyikért tettünk egyet.

E kísérletekből eddig viszonylag kevés adat került közlésre [1, 2, 4, 6]. Ezért, bár tudatában vagyunk annak, hogy egy helyen beállított kísérletek reprezentatív ereje meglehetősen kicsi, úgy véljük, hogy célszerű összefoglalni a Mezőföldre jellemző nagyhörcsöki kísérletek első 12 évi eredményeit.

A kísérletek ismertetése

A kísérleteket ún. „emeletes” vetésforgókban, azaz a telepen belül évenként mindig új helyen, fokozatosan állítottuk be. Minden egyes kísérlet külön kódszámot kapott. Az első helyen álló „1” szám öntözés nélküli kísérletet jelez. A második szám a kísérlet induló évét jelenti. Tehát pl. a 16-os kísérletet 1966 őszen, a 17-est 1967 őszen stb. állítottuk be. A harmadik és negyedik helyen szerepel a beállítástól eltelt évek száma. Tehát pl. a 171 a 17-es kísérlet első évi, az 1712 ugyanezen kísérlet tizenkettedik évi kódja. A számok előtti betű a vetésforgó típusát jelzi. Az „A” forgók pillangóست is tartalmazznak, míg a „B” forgókban búza—kukorica dikultúra szerepel (1. táblázat).

A 16 és 17 jelű kísérletek elrendezése és kezelései kezdetben azonosak voltak. Ezekben a nitrogén és a foszfor hatását három-három, a kálium hatását két szinten vizsgáltuk az összes lehetséges, $3 \times 3 \times 2 = 18$ kombinációban. Ehhez járult a kezeletlen kontroll és egy, a faktoriális rendszerben nem szereplő, nagyobb NPK-adag. A kezeléseket négy ismétlésben, kétszeresen osztott split-plot elrendezésben állítottuk be úgy, hogy az „A”, ill. „B” forgó növényei voltak a főparcellák. A főparcellákon belül

1.

A kísérleti

(1) Év	(2) Sza- kasz	(3) A kísérlet jele		(2) Sza- kasz	(3) A kísérlet jele	
		A 16	B 16		A 17	B 17
1965/66		a) (tavaszi árpa)*	(tavaszi árpa)*			
1966/67	I/1	b) őszi búza (1)	őszi búza (1)		(borsó)*	(őszi búza)*
1967/68	2	c) kukorica (2)	kukorica (2)	I/1	őszi búza (1)	őszi búza (1)
1968/69	3	tavaszi árpa (10)	kukorica (2)	2	kukorica (2)	kukorica (2)
1969/70	4	d) borsó (12)	őszi búza (1)	3	tavaszi árpa (10)	kukorica (3)
1970/71	II/1	őszi búza (1)	őszi búza (1)	4	borsó (13)	őszi búza (1)
1971/72				II/1	őszi búza (1)	őszi búza (1)
1972/73				2	kukorica (5)	kukorica (5)
1973/74				3	kukorica (5)	kukorica (6)
1974/75				4	borsó (14)	őszi búza (4)
1975/76				III/1	őszi búza (4)	őszi búza (4)
1976/77				2	kukorica (5)	kukorica (5)
1977/78				3	kukorica (5)	kukorica (6)
1978/79				4	borsó (14)	őszi búza (7)
1979/80						

e) Fajták: (1) Bezostája 1 (3) Mv 59 (5) Mv Sc 580 (7) GK 3
 (2) Mv 602 (4) Kavkaz (6) KSC 360 (8) Mv 8

egy-egy alparcellában helyeztük el a kálium nélküli és a káliumot is tartalmazó kombinációkat. A nitrogén- és foszforkezeléseket al-alparcellákban randomizáltuk. A vizsgált N-, P-, K-fokozatok hatóanyag-mennyiségeit a 2. táblázatban tüntettük fel.

A 16 jelzésű kísérletek műtrágyaadagjait a hatodik évtől kezdve megnöveltük, a nagyadagú műtrágyázás hatásának és utóhatásának vizsgálata céljából. A jelen közleményben a megnövelt műtrágyaadagok hatásával nem foglalkozunk, itt csak a 16 jelzésű kísérletek első 5 éves eredményei szerepelnek.

A 17 jelzésű kísérletek műtrágyaadagjai az ötödik évtől a 2. táblázatban látható adatok szerint módosultak. Azóta a műtrágyaadagok változatlanok.

A 18 és 19 jelzésű kísérletek „A” és „B” főparcellái már 40 kezelést tartalmaztak, két ismétlésben. Ezekben a kísérletekben a nitrogén és a foszfor öt, a kálium három szinten szerepelt, a határfelület szerinti értékeléshez tervezett nem teljes kombinációkban. A 40 kezelésből 20 azonos volt a 16 és 17 jelű kísérletek kezeléseivel.

Az ötödik évtől kezdve, az egyes kísérleti helyeken tapasztalt nagy szórások miatt, a két ismétléses kísérleteket négy ismétlésessé alakították úgy, hogy két-két kezelési műtrágyaadagját azonos szintre hozták. Az öt nitrogén- és öt foszfor szintet a módosítás után is megmaradt, de a három káliumszint megtartása nem volt lehetséges, a K₀-parcellákra is kellett adni káliumot, egy kivételével minden kezelésben. Így a káliumhatások megállapítása nagyon bizonytalanná vált.

A fentiek következtében az ötödik évtől kezdve csak a jelen közleményben feldolgozott ún. „kis” NPK-adagok kombinációi (összesen 3 × 3 × 1 = 9 kezelés) voltak azonosak a 17, 18 és 19 jelű kísérletekben.

táblázat
növények sorrendje

(1) Év	(2) Sza- kasz	(3) A kísérlet jele		(1) Sza- kasz	(3) A kísérlet jele	
		A 18	B 18		A 19	B 19
1965/66						
1966/67						
1967/68		(borsó)*	(őszi búza)*			
1968/69	I/1	őszi búza (1)	őszi búza (1)		(borsó)*	(őszi búza)*
1969/70	2	kukorica (2)	kukorica (2)	I/1	őszi búza (1)	őszi búza (1)
1970/71	3	tavaszi árpa (11)	kukorica (3)	2	kukorica (2)	kukorica (2)
1971/72	4	borsó (13)	őszi búza (1)	3	kukorica (5)	kukorica (3)
1972/73	II/1	őszi búza (4)	őszi búza (4)	4	borsó (13)	őszi búza (4)
1973/74	2	kukorica (5)	kukorica (5)	II/1	őszi búza (4)	őszi búza (4)
1974/75	3	kukorica (5)	kukorica (6)	2	kukorica (5)	kukorica (5)
1975/76	4	borsó (14)	őszi búza (4)	3	kukorica (5)	kukorica (6)
1976/77	III/1	őszi búza (7)	őszi búza (7)	4	borsó (14)	őszi búza (7)
1977/78	2	kukorica (5)	kukorica (5)	III/1	őszi búza (7)	őszi búza (7)
1978/79	3	kukorica (5)	kukorica (6)	2	kukorica (5)	kukorica (5)
1979/80	4	borsó (14)	őszi búza (7)	3	kukorica (9)	kukorica (6)
				4	borsó (14)	őszi búza (8)

(9) Szegedi SC 444
(10) MFB 104

(11) MFB 120
(12) Rekord

(13) IP 2
(14) IP 3

* Zárójelbe tett növények:
trágyázatlan elővetemények

A foszfor- és a káliumműtrágyákat — a szokásnak megfelelően — ősssel szántás alá adtuk, szuperfoszfát és 60%-os kálisó alakjában. A pétisó alakban adott nitrogénműtrágyát egyes években egy adagban ősssel, más években két ismétlésben megosztva: felét ősssel, másik felét tavasszal, két ismétlésben pedig egy adagban, ősssel adtuk. Mivel a nagyhőrcsöki kísérletekben a megosztott és az egy adagban adott nitrogéntrágya hatásai között nem volt igazolható különbség (3. táblázat), erre a szempontra a jelen közleményben nem térünk ki, azaz a nitrogénhatásokat és -kölcsonhatásokat a négy ismétlés átlagában számítottuk ki.

2. táblázat
A vizsgált műtrágyahatóanyag-adagok

(1) Kísérleti növény	(2) 1–4. években			(3) 5–12. években		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/ha					
a) Őszi búza	35–70–105	0–35–70	0–70	50–100–150	0–50–100	100
b) Kukorica	40–80–120	0–40–80	0–80	50–100–150	0–50–100	100
c) Tavasz árpa	40–80–120	0–40–80	0–80			
d) Borsó	0–20–40	0–40–80	0–80	0–20–40	0–40–80	80

3. táblázat

A N-megosztás hatása az őszi búza szentermésére (t/ha) a PK-kezelések átlagában*

(1) Év	(2) A kísérlet jele	N. kg/ha			(3) Átlag
		50	100	150	
1970/71	A 165	0,37	0,28	0,27	0,31
	B 165	0,22	0,22	0,16	0,20
1971/72	A 175	-0,19	0,08	0,10	-0,01
	B 175	0,02	-0,30	0,00	-0,09
1975/76	A 179	0,14	-0,13	-0,10	-0,03
	B 179	-0,15	0,07	0,03	-0,02
1977/78	A 199	0,11	-0,18	-0,46	-0,18
	B 199	-0,32	-0,15	0,09	-0,13
	A átlag	0,11	0,01	-0,05	0,02
	B átlag	0,06	-0,04	0,07	-0,02
1974/75	B 178	-0,06	0,17	0,12	0,04
1978/79	B 1712	-0,07	-0,14	-0,08	-0,10
a) Összes átlag		0,01	-0,01	0,01	0,01

* A táblázat adatai az őszi (Ö) és az őszi+tavasszal (M) adott N-kezelések hatására kapott termékek különbségei (Ö - M)

Kísérleti telepünk a Tolna—Fejér megyei Mezőföldön, a Bozót—Sárvíz közti löszháton, mintegy 140 m tengerszint feletti magasságban helyezkedik el. A löszön kialakult mészeledékes csernozjom részletesebb talajtani, ökológiai jellemzésére — hely hiányában — Szűcs [5] munkájára kell utalnunk. Ugyancsak nem térünk ki a talajok, egy későbbi dolgozatban ismertető, agrokémiai paramétereire. Itt csak annyit jegyünk meg, hogy a kísérletek beállítása előtt a parcellák szántott rétege oldható foszforral gyengén (AL-P₂O₅: 40–100 ppm), káliummal közepesen ellátott (AL-K₂O: 150–200 ppm) volt, az összes N-tartalom (0,2–0,3%) közepesnek mondható. Nem közöljük a meteorológiai adatokat sem, mert a 12 év még nem tette lehetővé az időjárási tényezők és a trágyahatások közötti összefüggések szabatos elemzését. Csak megemlítjük, hogy a terület éghajlata a Nagyalföldéhez hasonló; a vizsgált időszakban az évi csapadék mennyisége 307–945 mm között (átlag 558 mm), az évi átlagos középhőmérséklet 10,4–11,2 °C között váltakozott.

A kísérletek eredményei

1. Borsó- és búza-elővetemény

Az 1. táblázatból látható, hogy a rotációk negyedik szakaszában az „A” forgókban borsó, a „B” forgókban búza volt a kísérleti növény, melyeket a rotáció első szakaszában búza követett. Így a kísérletek ötödik és kilencedik évében (részben az első évben is) szabatosan vizsgálhattuk e két elővetemény és a NP-műtrágyázás kölcsönhatásait.

4. táblázat

A fő- és kölcsönhatások MQ-értékei a borsó (A) és búza-elővetemény (B) utáni őszebúza-kísérletekben

(1) Tényező	(2) Sza- bad- ság- fok	(3) Rotáció és a kísérlet jele							
		1. rotáció 171, 181		2. rotáció 165, 175, 185, 195		3. rotáció 179, 189, 199		(4) 2. + 3. rotáció átlaga	
		A	B	A	B	A	B	A	B
P	2	0,88	0,97*	8,74**	6,20**	9,23***	9,33	17,82***	15,04***
N	2	0,02	0,04	0,16	0,98*	0,18	1,60 [†]	0,33 [†]	2,48**
P × N	4	0,01	0,02	0,09	0,15**	0,02	0,34*	0,08	0,39***
		AB		AB		AB		AB	
a) Vetésforgó (F)	1	1,22		7,32*		11,98*		18,58**	
P	2	1,84*		14,81**		18,54***		32,78***	
F × P	2	0,01		0,12*		0,02		0,08	
N	2	0,06		0,91		1,42		2,26**	
F × N	2	0,00		0,22*		0,36*		0,55***	
P × N	4	0,02		0,23**		0,20 [†]		0,38***	
F × P × N	4	0,01		0,01		0,16 [†]		0,08	

* $P = 5\%$ -os, ** $P = 1\%$ -os, *** $P = 0,1\%$ -os, [†] $P = 10\%$ -os szinten szignifikáns

A vizsgált tényezők szórásnégyzeteit (MQ-értékek) a rotációk szerint csoportosított kísérletek kezelésátlagából számítottuk. Így az ismétlések száma csoportonként változott. Amint a 4. táblázatból látható, az első éves kísérletek csoportjában az ismétlések száma kettő, mivel a 161 jelzésű kísérletben még nem volt meg a kétféle elővetemény, a 191 számú kísérlet pedig technikai okokból nem volt értékelhető. Az 5. éves kísérletek csoportjában az ismétlések száma négy, a 9. éves kísérleteknél pedig három ismétlésünk volt, minthogy itt a 16 jelzésű kísérletek, a műtrágyaadagok megváltozása miatt, már nem szerepelhettek. A 4. táblázat utolsó oszlopaiban csak a második és harmadik rotációban szereplő hét kísérlet átlagaiból számított MQ-értékek találhatók, mert az első éves kísérletek műtrágyaadagjai — a 2. táblázatból láthatóan — kisebbek voltak a későbbiekénél.

Az A és B kísérletek variancia-analízisét minden egyes csoportban elvégeztük külön-külön, majd együtt is, amikor is a P- és N-hatás mellett a vetésforgó szintén tényező lett. A táblázatban a szokásos módon csillagoztuk a szignifikáns hatásokat, ill. kölcsönhatásokat.

Mint látható, a kísérletek egy részében szignifikáns N × P kölcsönhatásokat kaptunk. Ezért a terméseredményeket N- és P-szintenként közöltük az 5. táblázatban, ahol feltüntettük az abszolút kontrollok terméseit is. Ez utóbbiak tájékoztató jellegűek, minthogy a kísérletekben N₀PK-kezelés nem volt, így a N₁—N₀-hatás nem számítható. A N-hatások tehát egy bizonyos alacsony N-szint felett adott többlet nitrogén hatását mutatják csupán. Ezért tűnnek látszatra kisebbeknek a N-hatások, mint várnánk (ld. 1. ábra).

A N- és P-műtrágya hatása az

(1) Kísérlet jele	P ₂ O ₅	K ₂ O	(2) Borsó-elővetemény (A)					
			kg/ha		N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
171, 181	0	0	2,30					0,48
	0	70						
	35	70						
	70	70						
a) SzD _{5%}								
165, 175, 185, 195	0	0	3,70					0,43
	0	100						
	50	100						
	100	100						
SzD _{5%}								
179, 189, 199	0	0	3,40					0,55
	0	100						
	50	100						
	100	100						
SzD _{5%}								

N-adagok: b) 171, 181 kísérletekben: N₁ = 35 kg/ha N₂ = 70 kg/ha N₃ = 105 kg/ha
 c) többi kísérletben: N₁ = 50 kg/ha N₂ = 100 kg/ha N₃ = 150 kg/ha

A borsó-elővetemény kedvező hatása a búza-előveteménnyel szemben már az első évi kísérletekben megmutatkozott. A rotációk során ez a kedvező hatás egyre növekszik, és az elővetemény-hatás a második és harmadik rotációban már statisztikailag is igazolható volt. Ugyanígy növekednek a három rotáció folyamán a P-hatások, és a kezdetben csekélynek mutakozó N-hatások a búza-elővetemény után. Ez szemléletesen látszik az 1. ábráról, amelyen a későbbiekben ismertetett kukorica-elővetemény utáni búzakísérletek terméseredményeit is ábrázoltuk, a MÜLLER [3] által javasolt módszer szerint.

Az 5. táblázatból az is kitűnik, hogy a borsó-elővetemény után mind trágyázatlanul, mind trágyázva nagyobb volt a búza termése, mint búza után. A 2. és 3. rotációban már megnyilvánult az a közismert tény, hogy a N-trágyázás csökkenti, a P pedig — főleg az 50—100 kg/ha N-nel trágyázott parcellákon — növeli a borsó-elővetemény kedvező hatását. A harmadik rotációban a N₃P₀-kezelésben tapasztalt nagyobb elővetemény-hatást feltehetően a búza utáni búzában fellépő nagyobb foszforhiány okozta.

2. Kukorica utáni búzák

Amint az 1. táblázatból látható, a minden esetben rövid tenyészidejű kukorica utáni búzák egyazon kísérletben mindig más évben kerültek vetésre, mint a borsó és a búza utáni búzák, a kísérlet felépítéséből adódóan. Így tulajdonképpen a kukorica-

táblázat

őszi búza szemerzésére (t/ha)

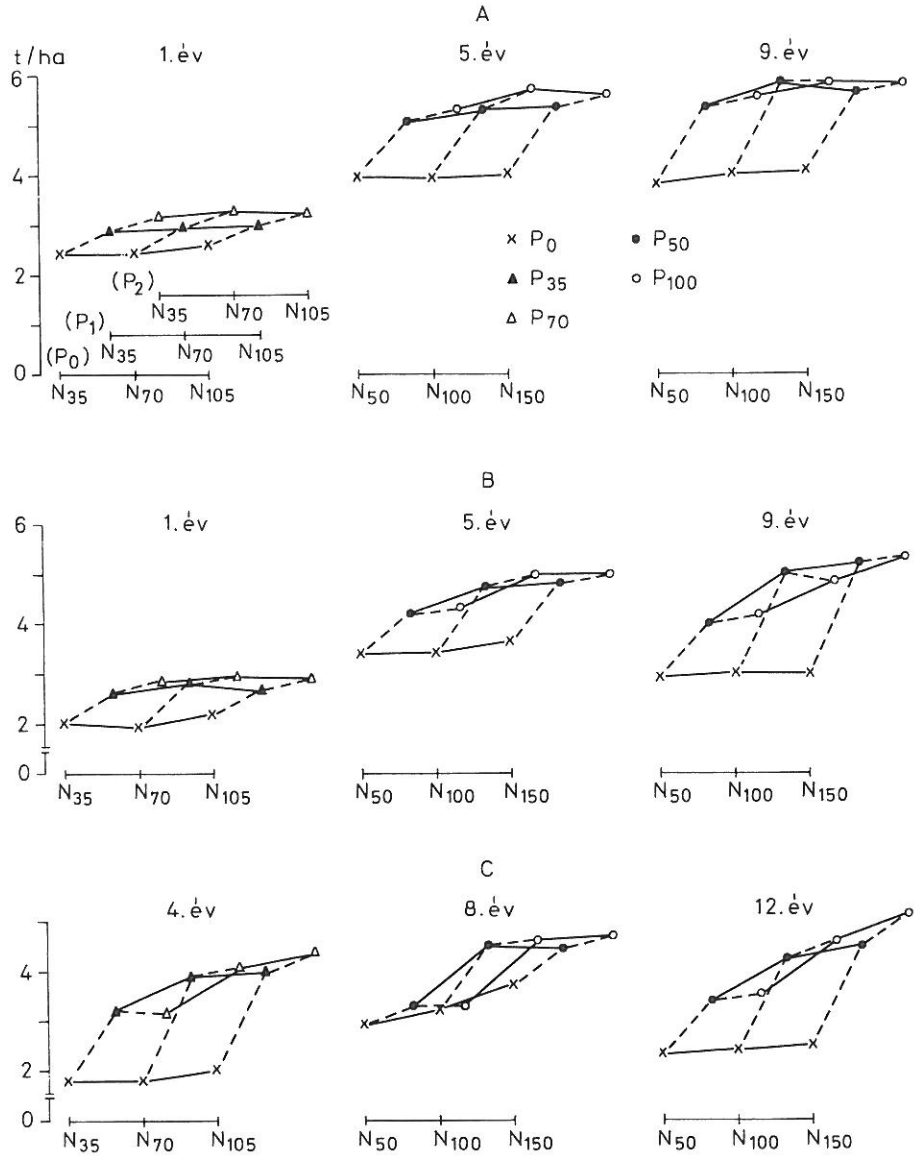
(1) Kísérlet jele	(3) Búza-elővetemény (B)					(4) Borsó – Búza (A – B)			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	SzD _{5%}	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
171, 181	1,92	2,01	1,99	2,18	0,54	0,38	0,41	0,40	0,40
		2,55	2,78	2,64			0,35	0,17	0,39
		2,70	2,88	2,88			0,44	0,40	0,35
a) SzD _{5%} 165, 175, 185, 195	3,00		0,55		0,47	0,70	A – B-re: 1,31		
		3,37	3,34	3,62			0,61	0,55	0,29
		4,20	4,74	4,92			0,92	0,63	0,43
		4,29	4,97	4,98			0,93	0,74	0,61
SzD _{5%} 179, 189, 199	2,38		0,62		0,78	1,02	A – B-re: 0,66		
		2,91	3,02	2,99			0,90	0,87	1,08
		3,98	5,01	5,18			1,39	0,74	0,48
		4,14	4,81	5,30			1,45	1,05	0,50
SzD _{5%}			0,66				A – B-re: 0,79		

elővetemény hatásának összehasonlítása a búza- és a borsó-elővetemény hatásával csak a különböző évek időjárási eltéréseinek elhanyagolásával történhet. Feljogosít azonban erre az, hogy elég nagyszámú kísérletet veszünk figyelembe.

E kísérleteket többféleképpen csoportosítottuk. Először rotációnként átlagoltuk az összes kukorica utáni, tehát a 4., 8., és 12. évi búzakísérleteket. E csoportok fő- és kölcsönhatásainak szabadságfokai és varianciái a 6. táblázat felső részében láthatók. Az adatokból kitűnik, hogy a P-hatások mind a három rotációban szignifikánsak, és a harmadik rotáció kivételével igazolhatók a N-, ill. N × P kölcsönhatások is. Így itt is indokolt volt, hogy a terméseredményeket N- és P-szintenként közöljük, ahogyan ez a 7. táblázatban és az 1. ábrán látható.

Mint már említettük, az első rotációban a műtrágyaadagok kisebbek voltak, és amellettt itt még a 164-es kísérletek is szerepeltek. Ezért a kukorica-elővetemény után csak a második és harmadik rotáció eredményeit vizsgáltuk tovább. A varianciaanalízis szerint (6. táblázat alsó része) a hat kísérlet átlagában is igazolható volt a P és a N hatása, valamint a N × P kölcsönhatás. A rotáció- (R-) hatás, azaz a második és harmadik rotáció különbsége, valamint az R × N és R × P kölcsönhatás nem, vagy csak igen gyengén volt igazolható. Így a 8. táblázatban, főleg az elővetemények összehasonlítására, a második és harmadik rotáció átlagában mutatjuk be a terméseredményeket, valamint a N- és P-hatásokat.

A borsó kedvező elővetemény-hatása természetesen ebben az összehasonlításban is megnyilvánult. Egyes nézetekkel ellentétben a búza utáni búzák termése — különösen a trágyázatlan kontroll- és a kis N-adagokkal műtrágyázott parcellákon —



1. ábra

NP-hatások az őszi búzában. A) Borsó-elővetemény után; B) Búza után. C) Kukorica után. Független tengely: szentermés, t/ha

jelentősen, mintegy 0,6—0,9 t/ha-ral nagyobb volt a kukorica utáni búzáknál. Ez többek között a búza utáni kedvezőbb talajművelés, illetve nitrifikáció lehetőségével, valamint a tág C/N arányú kukoricagyökerek elbomlásakor fellépő N-hiánnyal magyarázható. Ennek megfelelően a pótlólagos N-hatások a legnagyobbak a kukorica

6. táblázat

Kukorica utáni őszi búza-kísérletek: a fő- és kölcsönhatások MQ-értékei

(1) Tényező	(2) FG	(3) A kísérlet jele		
		B 164, 174, 184, 194	B 178, 188 198	B 1712, 1812, 1912
P	2	3,39***	2,36***	10,23*
N	2	1,76**	3,36*	2,31
P × N	4	0,27**	0,21**	0,41 ⁺
b) 2. és 3. rotáció átlaga				
a) Rotáció (R)	1		0,68	
P	2		11,19***	
R × P	2		1,40 ⁺	
N	2		5,60**	
R × N	2		0,07	
P × N	4		0,52**	
R × P × N	4		0,10	

* P = 5%-os, ** P = 1%-os, *** P = 0,1%-os, ⁺ P = 10%-os szinten szignifikáns

7. táblázat

A N- és P-műtrágya hatása az őszi búza szemtermésére (t/ha) kukorica-elővetemény után

(1) Kísérlet jele	P ₂ O ₅	K ₂ O	(2) N-adag*				SzD _{5%}
			kg/ha				
			N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
164, 174 184, 194 B	0	0	2,13				0,39
	0	70		2,79	2,81	3,05	
	35	70		3,20	3,84	4,01	
	70	70		3,20	4,07	4,39	
a) SzD _{5%}					0,35		
178, 188 198 B	0	0	1,89				0,75
	0	100		2,88	3,22	3,68	
	50	100		3,23	4,52	4,51	
	100	100		3,34	4,58	4,67	
SzD _{5%}					0,31		
1712, 1812 1912 B	0	0	1,68				1,17
	0	100		2,31	2,43	2,51	
	50	100		3,36	4,20	4,50	
	100	100		3,51	4,66	5,13	
SzD _{5%}					0,92		

* N-adagok: 4-es kísérletekben: 35—70—105 kg/ha; 8 és 12-es kísérletekben: 50—100—150 kg/ha

8. táblázat
N- és P-hatások az őszi búzában, a 2. és 3. rotáció átlagában

(1) Kezelések (kg/ha)	(2) Borsó-elővetemény					(3) Búza-elővetemény					(4) Kukorica-elővetemény				
	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	SzD _{5%}	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	SzD _{5%}	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	SzD _{5%}
A 175, 185, 195, 179, 189, 199	3,53	3,95	3,91	4,07	0,43	2,69	3,11	3,16	3,32	0,43	1,78	2,60	2,82	3,10	0,60
B 175, 185, 195, 179, 189, 199		5,29	5,62	5,55			4,08	4,86	5,08			3,30	4,36	4,50	
A 175, 185, 195, 179, 189, 199		5,43	5,85	5,71			4,19	4,90	5,15			3,42	4,62	4,90	
B 175, 185, 195, 179, 189, 199		0,50	0,50	0,50			0,50	0,50	0,50			0,65	0,65	0,65	
A kísérletek jele															
I. Szenyermés, t/ha															
P ₂ O ₅	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	SzD _{5%}	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	SzD _{5%}	N ₀	N ₅₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	SzD _{5%}
0	3,53	3,95	3,91	4,07	0,43	2,69	3,11	3,16	3,32	0,43	1,78	2,60	2,82	3,10	0,60
100	0	5,29	5,62	5,55			4,08	4,86	5,08			3,30	4,36	4,50	
100	0	5,43	5,85	5,71			4,19	4,90	5,15			3,42	4,62	4,90	
a) SzD _{5%}			0,50	0,50			0,50	0,50	0,50			0,65	0,65	0,65	
II. Pótólajos N-hatások, t/ha															
P ₂ O ₅	N ₁₀₀₋₅₀	N ₁₅₀₋₁₀₀	N ₁₅₀₋₅₀	N ₁₅₀₋₁₀₀	N ₁₅₀₋₅₀	N ₁₀₀₋₅₀	N ₁₅₀₋₁₀₀	N ₁₅₀₋₅₀	N ₁₅₀₋₁₀₀	N ₁₅₀₋₅₀	N ₁₀₀₋₅₀	N ₁₅₀₋₁₀₀	N ₁₅₀₋₅₀	N ₁₅₀₋₁₀₀	N ₁₅₀₋₅₀
0	-0,04	0,16	0,12	0,12	0,12	0,05	0,16	0,21	0,21	0,21	0,22	0,28	0,28	0,28	0,50
50	0,33	-0,07	0,26	0,26	0,26	0,78	0,22	1,00	1,00	1,00	1,06	0,14	0,14	0,14	1,20
100	0,42	-0,14	0,28	0,28	0,28	0,71	0,25	0,96	0,96	0,96	1,20	0,28	0,28	0,28	1,48
b) Átlag	0,24	-0,02	0,22	0,22	0,22	0,51	0,21	0,72	0,72	0,72	0,83	0,23	0,23	0,23	1,06
III. Pótólajos P-hatások, t/ha															
N	P ₅₀₋₀	P ₁₀₀₋₅₀	P ₁₀₀₋₀	P ₁₀₀₋₅₀	P ₁₀₀₋₀	P ₅₀₋₀	P ₁₀₀₋₅₀	P ₁₀₀₋₀	P ₁₀₀₋₅₀	P ₁₀₀₋₀	P ₅₀₋₀	P ₁₀₀₋₅₀	P ₁₀₀₋₀	P ₁₀₀₋₅₀	P ₁₀₀₋₀
50	1,34	0,14	1,48	1,48	1,48	0,97	0,11	1,08	1,08	1,08	0,70	0,12	0,12	0,12	0,82
100	1,71	0,23	1,94	1,94	1,94	1,70	0,04	1,74	1,74	1,74	1,54	0,26	0,26	0,26	1,80
150	1,48	0,16	1,64	1,64	1,64	1,76	0,07	1,83	1,83	1,83	1,40	0,40	0,40	0,40	1,80
Átlag	1,51	0,18	1,69	1,69	1,69	1,48	0,07	1,55	1,55	1,55	1,21	0,26	0,26	0,26	1,47

9. táblázat

A tényezők MQ-értékei az őszi búza és kukorica utáni, B 17 és 18-as jelű őszi búza-kísérletben

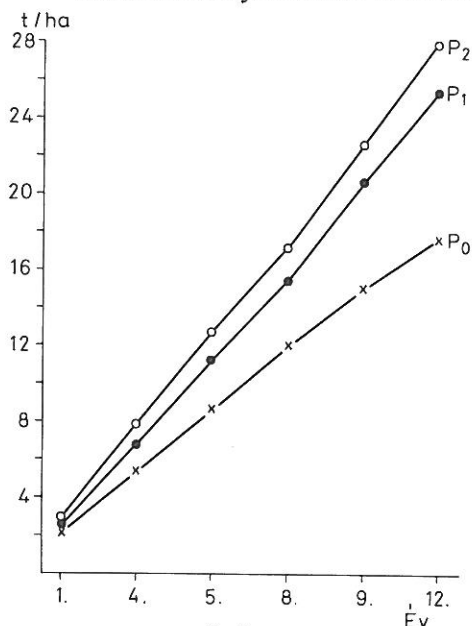
(1) Tényezők	(2) FG	(3) MQ	(1) Tényezők	(2) FG	(3) MQ
a) Rotáció (R)	2	8,37	N	2	4,18*
b) Elővetemény (E)	1	0,79	R × N	4	0,18
R × E	2	7,98	E × N	2	0,55**
P	2	21,00*	R × E × N	4	0,04
R × P	4	1,41*	P × N	4	0,55***
E × P	2	0,03	R × P × N	8	0,07
R × E × P	4	0,32	E × P × N	4	0,67
			R × E × P × N	8	0,05

* P=5%-os, ** P=1%-os, *** P=0,1%-os szinten szignifikáns

utáni búzában voltak, s természetesen a legkisebbek a borsó utáni búzában, ahol a 150 kg/ha N adag már — nem szignifikáns — terméscsökkenést okozott.

A foszforral jól ellátott parcellákon 50 és 100 kg N/ha között 1 kg N a búza szemtermését kukorica után 24 kg-mal, búza után 14 kg-mal, és borsó után csak 7 kg-mal növelte. A 100 kg-on felüli N-adag hatékonysága már jóval kisebb volt: kukorica után 5,6 kg, búza után 4,4 kg.

Az elővetemények a N × P kölcsönhatásokat is befolyásolták. Míg borsó után a



2. ábra

Búza és kukorica utáni búzák kumulált szemtermései a 17 és 18 jelű kísérlet átlagában, N₃K-szinten. Független tengely: Szemtermés, t/ha. Vízszintes tengely: év

N₅₀-szinten is csaknem annyi volt a P-hatás, mint a N₁₀₀-s, ill. N₁₅₀-szinten, addig kukorica után az alacsony N-szinten kevesebb, mint fele volt a N-nel jól ellátott parcellákon mért P-hatásoknál.

A N-nel jól ellátott kezelésekben a P-hatást már nem befolyásolták az elővetemények: 0—50 kg P₂O₅/ha adagok között 1 kg P₂O₅ 30—33 kg-mal, 50 és 100 kg/ha adagok között átlagosan 4 kg-mal növelte a búza szemtermését.

A búza és kukorica előveteményhatások, valamint a kumulatív N- és P-hatások szabatosabb vizsgálatára csak az azonos számú B 17 és 18-as kísérletek adatait dolgoztuk fel. (A 191-es kísérlet hiánya miatt a 19-es kísérleteket nem vonhattuk be az értékelésbe.)

A vizsgált tényezők (rotáció, elővetemény, N és P) fő- és kölcsönhatásainak szórásnégyzeteit a 9. táblázat mutatja. Mivel a rotáció (R), ill. az R × N és R × N × P kölcsönhatások nem voltak szignifikánsak, a 10. táblázatban a három

10. táblázat
A N-, P- és elővetemény-hatások az őszi búzában, a rotációk átlagában

(1) Kezelések	(2) Búza-elővetemény (A)		(3) Kukorica-elővetemény (B)		(5) A-B															
	(4) A kísérletek jele				N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	SzD _{5%}											
	B 171, 181, 175, 185, 179, 189		B 174, 184, 178, 188, 1712, 1812		0,44															
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	SzD _{5%}	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀ -N ₁	N ₁ -N ₂	N ₂ -N ₃	N ₀ -N ₂	N ₀ -N ₃	N ₁ -N ₃	
P ₀ K ₀	2,34				1,90	2,70	2,87	3,06		0,44										
P ₀ K ₁		2,69	2,74	2,80		2,70	2,87	3,06												
P ₁ K ₁		3,59	4,08	4,11		3,48	4,30	4,43	0,51											
P ₂ K ₁		3,78	4,15	4,42		3,56	4,59	4,93												
a) SzD _{5%}			0,96				0,96													A-B-re: 1,04
	I. Szemtermés, t/ha																			
	N ₀ -N ₁	N ₃ -N ₂	N ₃ -N ₁	N ₃ -N ₀	N ₂ -N ₁	N ₂ -N ₀	N ₁ -N ₀	N ₃ -N ₂	N ₃ -N ₁	N ₃ -N ₀	N ₂ -N ₁	N ₂ -N ₀	N ₁ -N ₀	N ₃ -N ₂	N ₃ -N ₁	N ₃ -N ₀	N ₂ -N ₁	N ₂ -N ₀	N ₁ -N ₀	N ₃ -N ₀
P ₀ K ₁	0,05	0,06	0,11	0,17	0,17	0,19	0,36	0,36	0,36	0,36	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,25
P ₁ K ₁	0,49	0,03	0,52	0,82	0,82	0,13	0,95	0,95	0,95	0,95	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,43
P ₂ K ₁	0,37	0,27	0,64	1,03	1,03	0,34	1,37	1,37	1,37	1,37	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,73
b) Átlag	0,30	0,12	0,42	0,67	0,67	0,22	0,89	0,89	0,89	0,89	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,47
	II. Pótlólagos N-hatások, t/ha																			
	P ₁ -P ₀	P ₂ -P ₁	P ₂ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₂ -P ₁	P ₂ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₂ -P ₁	P ₂ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₂ -P ₁	P ₂ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₁ -P ₀	P ₂ -P ₁	P ₂ -P ₀	P ₁ -P ₀
P ₀ K ₁	0,90	0,19	1,09	0,78	0,78	0,08	0,86	0,86	0,86	0,86	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,23
N ₂ K ₁	1,34	0,07	1,41	1,43	1,43	0,29	1,72	1,72	1,72	1,72	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,31
N ₃ K ₁	1,31	0,31	1,62	1,37	1,37	0,50	1,87	1,87	1,87	1,87	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,25
Átlag	1,18	0,19	1,37	1,19	1,19	0,29	1,48	1,48	1,48	1,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11
	III. Pótlólagos P-hatások, t/ha																			

rotáció átlagában közöljük a terméseredményeket. (A szignifikáns $R \times P$ kölcsönhatásra még visszatérünk.)

A 10. táblázatból látható, hogy mivel itt az első rotáció adatai is szerepelnek, a termések, ill. terméstöbbletek kisebbek a 8. táblázatban közöltekénél. A hatások tendenciája azonban hasonló. Bár a búza és kukorica utáni termések közt a különbségek a viszonylag kis szabadságfokok miatt nem voltak igazolhatók, a

11. táblázat
A P-hatások a B 17 és 18-as jelű kísérletek átlagában

(1) Kezelés	(2) Év					
	1.	4.	5.	8.	9.	12.
	1. rotáció		2. rotáció		3. rotáció	
I. Szemtermés t/ha						
N ₃ K	2,18	3,26	3,14	3,38	3,06	2,54
N ₃ K P ₁	2,64	4,14	4,52	4,18	5,12	4,87
N ₃ K P ₂	2,88	4,98	4,84	4,32	5,55	5,59
a) SzD _{5%}	0,55	0,35	0,62	0,39	0,66	1,49
II. Szemterméstöbbslet, t/ha						
P ₁ - P ₀	0,46	0,88	1,38	0,80	2,06	2,33
P ₂ - P ₁	0,24	0,84	0,32	0,14	0,43	0,72
P ₂ - P ₀	0,70	1,72	1,70	0,94	2,49	3,05
III. Arányszám (N₃K = 100)						
N ₃ K P ₁	121	127	144	124	167	192
N ₃ K P ₂	132	153	154	128	181	220
SzD _{5%}	25	11	20	11	22	58
IV. Szemterméstöbbslet, kg/kg P₂O₅						
P ₁ - P ₀	13,1	25,1	27,6	16,0	41,2	46,6
P ₂ - P ₁	6,8	24,0	6,4	2,8	8,6	14,4

kontroll- és a kis N-adagokkal trágyázott parcellákon e csoportosításban is a búza-elővetemény után kaptunk nagyobb terméseket. A nitrogénnel és foszforral jól ellátott kezeléseknél már megfordult a helyzet. Így az elővetemény \times N kölcsönhatás $P = 1\%$ -os szinten igazolható volt (9. táblázat). A 10. táblázatból látható, hogy a foszforral jól ellátott parcellákon kerekén 0,7 t/ha-ral nagyobb volt a N-hatás a kukorica utáni búzában, mint búza-elővetemény után.

Mint már említettük, az $R \times P$ kölcsönhatás szignifikáns volt; az 5. és 7. táblázatokban közölt adatokból ítélve a P-hatás kumulálódott.

Szemléletesen mutatja ezt a 2. ábra, ahol a 17 és 18-as kísérletek átlagában a P₀-, P₁-, és P₂-kezelések szemterméseit az N₃K-szinten kumulálva mutatjuk be. Az ábrából, valamint a 11. táblázatból kitűnik, hogy főleg a 3. ciklusban (9. és 12. években) egyrészt a P₀-parcellák P-tartalmának csökkenése, másrészt az adott P fokozatos

felhalmozódása miatt jelentősen növekedtek a P-hatások. A 3. ciklusban az évi 50 kg/ha P_2O_5 szemtermésnövelő hatása átlagosan mintegy 1 t/ha-ral, az évi 100 kg/ha P_2O_5 hatása pedig kerekén 1,5 t/ha-ral volt nagyobb, mint a második ciklusban.

Összefoglalás

Az egységes országos műtrágyázási kísérletek keretében egy Fejér—Tolna megyei mészelepdekes csernozjomon (Nagyhőrcsök) négyszakaszos vetésforgókban beállított tartamkísérletek első három ciklusában vizsgáltuk a borsó-, búza- és kukorica-elővetemények, valamint a nitrogén- és foszforműtrágyák hatásait az őszi búza szemtermésére.

A borsó kedvező elővetemény-hatása már az első évi kísérletekben megnyilvánult, s az évek során egyre növekedett. A N-trágyázás természetesen csökkentette a borsó és a gabonák utáni búzák terméskülönbségét, de még az évi 150 kg/ha N-t tartalmazó kezelésekben is 0,5—0,7 t/ha szemterméstöbblet mutatkozott a borsó-elővetemény javára.

A búza és a kukorica elővetemény-hatásokat is elsősorban a N-trágyázás befolyásolta. A N-hiányos (0—50 kg/ha N) parcellákon a búza kedvezőbb előveteménynek bizonyult. Ennek megfelelően a N-műtrágyázás pótlólagos hatása kukorica-elővetemény után nagyobb volt, mint búza után, és természetesen jóval nagyobb, mint borsó után, ahol a 150 kg/ha N már — nem szignifikáns — termés-csökkenést okozott. Az elővetemények természetesen a N × P kölcsönhatásokat is befolyásolták. A kölcsönhatások mértékében a sorrend itt is a kukorica—búza—borsó-elővetemény volt. A nitrogénnel jól ellátott parcellákon a foszforhatások mindhárom elővetemény után gyakorlatilag azonosak voltak, de rotációnként növekedtek. A második és harmadik rotációk összehasonlításakor statisztikailag is igazolható volt, hogy részben a P_0 -parcellákon bekövetkezett termés-csökkenések, részben a talajban maradt P felhalmozódása miatt a foszforhatások jelentősen kumulálódtak. Az évi 50 kg/ha P_2O_5 -adag a N_{150} -szinten a második rotációban 1,1 t-val, a harmadik rotációban 2,2 t-val növelte hektáronként a búza termését. Az 50—100 kg/ha közötti P_2O_5 -adag pótlólagos hatása már jóval kisebb és bizonytalanabb volt (a második rotációban 0,2 t, a harmadik rotációban 0,6 t/ha).

Irodalom

- [1] BOCZ E. & SÁRVÁRI M.: Összefüggés a búza előveteménye, tápanyagellátása és termés-eredménye között. *Növénytermelés*. **30**. 437—445. 1980.
- [2] MÉSZÁROS S.: Az I. Egységes Országos Műtrágyázási Kísérletek őszi búza eredményeinek értékelése termelési függvények alapján. *Növénytermelés*. **23**. 147—160. 1974.
- [3] MÜLLER, K. H.: Ein Beitrag zur Anfertigung dreidimensionaler graphischer Darstellungen. *A. Thaer. Archiv*. **9**. 831—835. 1965.
- [4] SVÁB J. & ERAKY, A. G.: A terméselemzés és a pathanalízis jelentősége NP dóziskísérletek értékelésében. *Búza. Növénytermelés*. **25**. 141—148. 1976.

- [5] Szűcs L.: A mészlepedékes csernozjomok osztályozásának továbbfejlesztése és alkalmazása. *Agrokémia és Talajtan*. 14. 153—170. 1965.
- [6] Trágyázási Kutatások Eredményei. Búza. Agrártudományi Egyetem Kiadványa. Keszthely 1973.

Érkezett: 1984. május 15.

Long-Term Fertilizing Experiments on a Calcareous Chernozem Soil in Mezőföld I. N and P Effects in Field Trials with Winter Wheat

J. SARKADI, H. BALLA and E. MIKLAY-TÜDŐS

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest
and Agricultural University, Institute for Agriculture and Plant Cultivation, Keszthely (Hungary)

Summary

Within the framework of integrated fertilizing trials, a long-term experiment was established step-by-step on a chernozem soil with mycelia of lime (Nagyhörccsök, Fejér—Tolna county, Hungary) starting in 1966, and using four-course-rotations of crops (A: wheat, maize, maize, peas; B: wheat, maize, maize, wheat) in a randomized split plot design. Wheat was always preceded by a maize variety of short vegetation period. Code numbers of the experiments: the first digit (1) indicates non-irrigated conditions. The second digit gives the starting year of a given experiment (i.e. experiments "16" and "17" were established in the fall of 1966 and 1967, respectively). The third (and fourth) digit indicates the years elapsed since the beginning of a given experiment (i.e. "172" represents the second year of the experiment established in the fall of 1967, while "1712" stands for its 12th year).

In the first three cycles of these trials the effects of various preceding crops (peas, wheat and maize), as well as that of N and P fertilizers on the grain yield of winter wheat were studied. The fertilizer doses are given in Table 2.

The favourable effect of peas as preceding crop was already apparent in the first years of the trials, and it increased steadily year by year. As it could be expected, N application decreased the difference in the yields of wheats preceded by peas and cereals, respectively, but even when 150 kg N/ha was applied, the grain yield was higher by 0.5—0.7 tons/ha after peas (Tables 4 and 5).

The effects of wheat and maize preceding crops were also influenced mainly by N application. On N deficient plots (0—50 kg N/ha) wheat was found to be a more satisfactory preceding crop. Accordingly, the marginal effect of N application decreased in the following order of preceding crops: maize > wheat > peas. In the case of peas the 150 kg N/ha dose brought about a non-significant decrease in the grain yield. Naturally, the preceding crops influenced also N × P interaction in the same decreasing order: maize > wheat > peas. On plots well-supplied with N, the P effects were found to be practically identical, but they increased from rotation to rotation (Tables 8, 9 and 10).

When comparing the 2nd and 3rd rotations, it could be proved statistically that due partly to the yield decrease on P₀ plots, partly to the accumulation of P remaining in the soil, the P effects cumulated considerably (Fig. 2). At the N₁₅₀ level the 50 kg P₂O₅/ha dose increased the grain yield of wheat by 1.1 t/ha in the 2nd rotation, and by 2.2 t/ha in the 3rd rotation. The marginal effects of P₂O₅ doses between 50—100 kg/ha were considerably smaller and less reliable, the increase in the grain yield was 0.2 and 0.6 t/ha in the 2nd and 3rd rotation, respectively.

Table 1. Test plant sequence. (1) Year. (2) Phase. (3) Code of the experiment. a) spring barley; b) winter wheat; c) maize; d) peas; * Unfertilized preceding crop. e) plant varieties.

Table 2. Amounts of effective agents in the fertilizer doses. (1) Test plant. a) winter wheat; b) maize; c) spring barley; d) peas. (2) From the 1st to the 4th year, kg/ha. (3) From the 5th to the 12th year, kg/ha.

Table 3. The grain yield of winter wheat (t/ha) as affected by N rates on the average of PK treatments. + The data in the Table show the difference in grain yields (\bar{O} —M) obtained with a single N treatment applied in the fall (\bar{O}) and with the split application of N in the fall and in the spring (M). (1) Year. a) total average. (2) Code of the experiment. (3) Average.

Table 4. MS values of the main effects and interactions in winter wheat trials when the preceding crop was peas (A) and wheat (B), respectively. (1) Factor. a) crop rotation (F). (2) Degrees of freedom. (3) Rotation and the code of the experiment. (4) Mean of the 2nd and 3rd rotations. Significant at *P=5%; **P=1%; ***P=0.1%; + P=10% level.

Table 5. N and P effects on the grain yield of winter wheat (t/ha). (1) Code of the experiment. a) C.D. values at 5%. (2) Peas preceding crop (A). (3) Wheat preceding crop (B). (4) A—B. N-doses: b) in experiments 171 and 181; c) in the other experiments.

Table 6. MS values of the main effects and interactions in winter wheat trials where the preceding crop was maize. (1) Factor. a) rotation. (2) Degrees of freedom. (3) Code of the experiment. b) the average of the 2nd and 3rd rotations. For levels of significance see Table 4.

Table 7. The grain yield of winter wheat (t/ha) as affected by N and P fertilizers (the preceding crop was maize). (1) Code of the experiment. a) C.D. values at 5%. *N doses: 35—70—105 kg/ha in experiments 164, 174, 184 and 194 B; 50—100—150 kg/ha in the other experiments.

Table 8. N and P effects on winter wheat (the average of the 2nd and 3rd rotations). (1) Treatments. a) C.D. values at 5%; b) average. (2) Peas preceding crop. (3) Wheat preceding crop. (4) Maize preceding crop. (5) Codes of the experiments. I. Grain yield, t/ha. II. Marginal N effects, t/ha. III. Marginal P effects, t/ha.

Table 9. MS values of the different factors in winter wheat trials B 17 and 18, where the preceding crops were winter wheat and maize. (1) Factors. a) rotation; b) preceding crop. (2) Degrees of freedom. (3) MS. For levels of significance see Table 4.

Table 10. The effects of N, P and the preceding crop on winter wheat, on the average of the rotations. (1) Treatments. a) C.D. values at 5%; b) average. (2) Wheat preceding crop (A). (3) Maize preceding crop (B). (4) Codes of the experiments. (5) A—B. For I—III. see Table 8.

Table 11. P effects on the average of experiments B 17 and 18. (1) Treatments. a) C.D. values at 5%. (2) Year. I. Grain yield, t/ha. II. Grain yield surplus, t/ha. III. Ratio ($N_3K = 100$). IV. Grain yield surplus, kg/kg P_2O_5 .

Fig. 1. N and P effects on winter wheat. A. After peas preceding crop: 1st yr., 5th yr. and 9th yr. B. After wheat preceding crop: 1st yr., 5th yr. and 9th yr. C. After maize preceding crop: 4th yr., 8th yr. and 12th yr. Vertical axis: Grain yield, t/ha.

Fig. 2. Cumulated grain yields of wheat (after wheat and maize preceding crops) on the average of experiments 17 and 18, at the N_3K level. Vertical axis: Grain yield, t/ha. Horizontal axis: Year.

Resultate von Düngungsdauerversuchen auf einem Tschernosemboden mit Kalkhüllen in einem Teil Transdanubiens (Mezőföld)

I. N- und P-Düngerwirkungen in den Winterweizen-Versuchen

J. SARKADI, H. BALLA und E. MIKLAY-TÜDŐS

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften,
Budapest und Institut für Bodenbearbeitung und Pflanzenzucht der Agrarwissenschaftlichen
Universität, Keszthely (Ungarn)

Zusammenfassung

Im Rahmen der einheitlichen Düngungsdauerversuche wurden auf einem Tschernosemboden mit Kalkhüllen (in Nagyhörösök, Komitat Fejér-Tolna) in den Jahren 1966—1969, in vierstufigen Fruchtfolgen (A = Weizen, Mais, Mais, Erbsen; B = Weizen, Mais, Mais, Weizen) Versuche jährlich verschoben angesetzt (Tab. 1). Vor dem Weizen wurde stets Mais von einer kurzen Vegetationsdauer angebaut. Bedeutung der Code-Zahlen der Versuche: Die erste Ziffer bedeutet den Versuch ohne Bewässerung (1). Die zweite Ziffer gibt das Jahr des Versuchsbeginns an (z. B. bedeutet 6 den Beginn des Versuchs im Herbst 1966, 7 denjenigen im Herbst 1967). Die dritte und vierte Ziffer zeigt die Anzahl der Versuchsjahre an (z. B. die Code-Zahl 171 bedeutet das erste Versuchsjahr des im Jahre 1967 begonnenen und ohne Bewässerung durchgeführten Versuches; die Code-Zahl 1712 bedeutet das zwölfte Versuchsjahr desselben Versuches).

In den ersten drei Versuchsperioden wurden die Wirkungen der Vorfrüchte Erbsen, Weizen, Mais, sowie diejenigen der N- und P-Düngung auf den Kornertrag des Winterweizens untersucht. Die Düngergaben gibt Tab. 2. an.

Die günstige Wirkung der Erbsen als Vorfrucht offenbarte sich bereits in den ersten Jahren der Versuche, und nahm im Laufe der Jahre ständig zu. Die N-Düngung verminderte zwar die Ertragsdifferenzen zwischen dem Weizen nach Erbsen und demjenigen nach Getreiden, trotzdem zeigte sich in den jährlich 150 kg N/ha erhaltenden Düngungsvarianten noch ein Kornmehrertrag von 0,5—0,7 t/ha zugunsten der Erbsen-Vorfrucht (Tab. 4. und Tab. 5.)

Die Wirkungen von Weizen und Mais als Vorfrucht wurden in erster Linie durch die N-Düngung beeinflusst. Auf den Parzellen mit N-Mangel (0—50 kg N/ha) erwies sich der Weizen als eine vorteilhaftere Vorfrucht. Dementsprechend war die zusätzliche Wirkung der N-Düngung nach Mais als Vorfrucht grösser als nach Weizen, und selbstverständlich bedeutend grösser als nach Erbsen, wo die 150 kg/ha N-Düngergabe eine — wenn auch nicht signifikante — Ertragsabnahme verursachte. Die Art der Vorfrüchte hat natürlich auch die N × P Wechselwirkung beeinflusst. Die Grösse der Wechselwirkung hing von der Vorfrucht in der Reihenfolge Mais—Weizen — Erbsen ab. In den mit N gut versorgten Parzellen waren die P-Wirkungen bei allen drei Vorfrüchten praktisch gleich gross, haben aber im Laufe der Rotationen zugenommen (Tab. 8., 9. und 10.).

Beim Vergleich der Angaben der zweiten und dritten Rotation konnte auch statistisch bewiesen werden, dass teils wegen der in den P₀-Parzellen erfolgten Ertragsverminderung, teils wegen Anhäufung des P im Boden die P-Wirkungen bedeutend kumulierten (Abb. 2.). Eine jährliche P₂O₅-Gabe von 50 kg/ha bei 150 kg N/ha erhöhte den Weizenertrag in der zweiten Rotation um 1,1 t/ha, in der dritten Rotation um 2,2 t/ha. Die zusätzliche Wirkung der 50—100 kg/ha P₂O₅-Gabe war bedeutend geringer und unsicherer (in der zweiten Rotation betrug sie nur 0,2 t/ha, in der dritten 0,6 t/ha Kornmehrertrag). (Tab. 11.)

Tab. 1. Reihenfolge der Versuchspflanzen. (1) Jahr. (2) Versuchsabschnitt. (3) Bezeichnung des Versuches. a) Sommergerste; b) Winterweizen; c) Mais; d) Erbsen; e) Sorten. * Pflanzennamen in Klammern: ungedüngte Vorfrüchte.

Tab. 2. Düngergaben (in Wirkstoff angeführt). (1) Versuchspflanzen. a) Winterweizen; b) Mais; c) Sommergerste; d) Erbsen. (2) In den Jahren 1—4., kg/ha. (3) In den Jahren 5—12., kg/ha.

Tab. 3. Wirkung der geteilten N-Gabe auf den Kornertrag des Winterweizens (t/ha) im Durchschnitt der PK-Varianten. * Die Angaben der Tabelle zeigen die Ertragsdifferenzen (Ö—M) der Parzellen, die nur im Herbst (Ö), bzw. die im Herbst und Frühjahr (M) N-Dünger erhalten haben. (1) Jahr. a) Gesamtdurchschnitt. (2) Bezeichnung des Versuches. (3) Mittelwert.

Tab. 4. MQ-Werte der Haupt- und Wechselwirkungen nach den Vorfrüchten Erbsen (A) und Weizen (B) in den Winterweizenversuchen. (1) Faktor. a) Rotation. (2) Freiheitsgrad. (3) Bezeichnung des Versuches und der Rotation. (4) Mittelwert der 2. und 3. Rotation. *P = signifikant bei 5%; **P = bei 1%; ***P = bei 0,1%; † P = bei 10% Wahrscheinlichkeit.

Tab. 5. Wirkung des N- und P-Düngers auf den Kornertrag des Winterweizens (t/ha). (1) Bezeichnung des Versuches. a) GD_{5%}. (2) Erbsen als Vorfrucht (A). (3) Weizen als Vorfrucht (B). (4) A—B. N-Gaben: b) in den Versuchen No. 171 und 181; c) in den übrigen Versuchen.

Tab. 6. Winterweizenversuche nach Mais: MQ-Werte der Haupt- und Wechselwirkungen. (1) Faktor. a) Rotation. (2) Freiheitsgrad. (3) Bezeichnung des Versuches. b) Mittelwert der 2. und 3. Rotation. Signifikant bei * P = 5%; ** P = 1%; *** P = 0,1%; † P = 10%.

Tab. 7. Wirkung des N- und P-Düngers auf den Kornertrag des Winterweizens (t/ha) nach Mais als Vorfrucht. (1) Bezeichnung des Versuches. a) GD_{5%}. (2) * N-Gaben: in den Versuchen, deren Code-Zahl auf 4 endet: 35—70—105 kg/ha, in denjenigen, deren Code-Zahl auf 8 oder 12 endet: 50—100—150 kg/ha.

Tab. 8. N- und P-Wirkung bei Winterweizen, im Durchschnitt der 2. und 3. Rotation. (1) Düngungsvarianten. a) GD_{5%}; b) Mittelwert. (2) Erbsen als Vorfrucht. (3) Weizen als Vorfrucht. (4) Mais als Vorfrucht. (5) Bezeichnung der Versuche. I. Kornertrag, t/ha. II. Zusätzliche N-Wirkungen, t/ha. III. Zusätzliche P-Wirkungen, t/ha.

Tab. 9. MQ-Werte der einzelnen Faktoren in den Winterweizenversuchen B 17 und 18 nach Weizen und Mais als Vorfrucht. (1) Faktoren. a) Rotation; b) Vorfrucht. (2) Freiheitsgrad. (3) MQ-Werte. Signifikant bei * P = 5%, ** P = 1%, *** P = 0,1%.

Tab. 10. Wirkungen der N- und P-Düngung, sowie der Vorfrüchte beim Winterweizen im Durchschnitt der Rotationen. (1) Düngungsvarianten. a) GD_{5%}; b) Mittelwert. (2) Weizen als Vorfrucht. (4) Mais als Vorfrucht. (5) Bezeichnung der Versuche. I. Kornertrag, t/ha. II. Zusätzliche N-Wirkungen, t/ha. III. Zusätzliche P-Wirkungen, t/ha.

Tab. 11. P-Wirkungen im Mittel der Versuche B 17 und 18. (1) Düngungsvarianten. a) GD_{5%}. (2) Jahr. I. Kornertrag, t/ha. II. Kornmehrertrag, t/ha. III. Verhältniszahl (N₃K = 100). IV. Kornmehrertrag, kg/kg P₂O₅.

Abb. 1. NP-Wirkungen beim Winterweizen. A. Nach Erbsen als Vorfrucht: 1. Jahr, 5. Jahr, 9. Jahr. B. Nach Weizen: 1. Jahr, 5. Jahr, 9. Jahr. C. Nach Mais: 4. Jahr, 8. Jahr, 12. Jahr. Ordinate: Kornertrag, t/ha.

Abb. 2. Kumulierter Kornertrag von Winterweizen in der Düngungsvariante N₃K, nach den Vorfrüchten Weizen und Mais, im Mittel der Versuche 17 und 18. Ordinate: Kornertrag, t/ha. Abszisse: Jahr.

Результаты многолетних опытов по внесению минеральных удобрений, проведенных на мезёфельдском мицелярном черноземе

I. Эффективность азотных и фосфорных минеральных удобрений в опытах с озимой пшеницей

Я. ШАРКАДИ, Х. БАЛЛА и Э. МИКЛАИ-ТЮДЁШ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

В рамках единых опытов по внесению минеральных удобрений, в Надхёрчке, на мицелярном черноземе, в период с 1966 по 1969 год (год за годом) заложили многолетние опыты в обычных четырехпольных севооборотах (А = пшеница, кукуруза, кукуруза, горох; В = пшеница, кукуруза, кукуруза, пшеница). (Табл. 1). Перед пшеницей всегда сеяли кукурузу с коротким периодом вегетации. Обозначение опытов: Первая цифра (1) опыт без орошения. Вторая цифра: год начала опыта (например: 16 опыт заложили осенью 1966 года, 17-ый опыт осенью 1967 года). Третья цифра означает число лет, прошедших со времени заложения опыта (Например: 162: — опыт без орошения, заложен осенью 1966 года, продолжался 2 года).

В первых трех циклах опыта изучили влияние предшественников гороха, пшеницы и кукурузы, а также влияние азотных и фосфорных минеральных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы. Дозы минеральных удобрений приведены в таблице 2.

Благоприятное влияние гороха, как предшественника, отмечалось уже в первые годы опыта, с годами это влияние усиливалось. Азотные минеральные удобрения, естественно, снизили разницы между урожаями пшеницы, следующей за горохом и зерновыми, и даже на вариантах с ежегодным внесением 150 кг/га азота получили прибавку урожая зерна пшеницы 0,5—0,7 т/га за счет благоприятного влияния гороха, как предшественника (Табл. 4 и 5).

Влияние предшественников пшеницы и кукурузы зависело прежде всего от внесения азотных минеральных удобрений. На делянках с недостаточным внесением азота (0—50 кг/га азота) пшеница оказалась более благоприятным предшественником. Соответственно этому дополнительное влияние азотных минеральных удобрений было более значительным после предшественника кукурузы по сравнению с пшеницей, и гораздо больше чем после гороха, где 150 кг/га азота вызвали — не достоверно — снижение урожая. Предшественники естественно влияли и на взаимодействие N × P. Порядок по величинам взаимодействия здесь был: кукуруза — пшеница — горох. На делянках с хорошей обеспеченностью азотом эффективность фосфора после всех трех предшественников практически была одинаковой, но возрастала по отдельным ротациям (Табл. 8., 9. и 10.).

При сравнении второй и третьей ротаций можно было и статистически подтвердить, что частично в результате снижения урожая на делянках P₀, частично в результате накопления оставшегося в почве фосфора, влияние фосфора куммулировалось (Рис. 2.). Доза ежегодного внесения 50 кг/га P₂O₅ на фоне 150 кг/га азота во второй ротации увеличила урожай пшеницы на 1,1 т/га, в третьей ротации — на 2,2 т/га. Влияние дополнительного внесения P₂O₅ в дозах 50—100 кг/га было гораздо ниже и неустойчивее (во второй ротации 0,2 т/га, в третьей ротации — 0,6 т/га). (Табл. 11).

Табл. 1. Чередование подопытных культур. (1) Год. (2) Стадия. (3) Обозначение опыта. а) яровой ячмень; б) озимая пшеница; в) кукуруза; г) горох; е) сорта. * Культуры в скобках: предшественники без внесения удобрений.

Табл. 2. Дозы внесенных минеральных удобрений. (1) Подопытное растение. а) озимая пшеница; б) кукуруза; с) яровой ячмень; д) горох. (2) В 1—4. годах, кг/га. (3) В 5—12. годах, кг/га.

Табл. 3. Влияние раздельного внесения азотных минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы (т/га) в среднем по вариантам РК. + Разницы между урожаями (Ö—М) полученными при внесении азота осенью (Ö) и осенью + весной (М). (1) Год. а) общее среднее. (2) Обозначение опыта. (3) Среднее.

Табл. 4. Величины-QM основных и взаимных влияний после предшественников гороха (А) и пшеницы (В) в опытах с озимой пшеницей. (1) Фактор. а) севооборот. (2) Степень свободы. (3) Обозначение ротации и опыта. (4) Среднее 2. + 3. ротаций. * $P=5\%$, ** $P=1\%$, *** $P=0,1\%$, † $P=10\%$ уровни достоверности.

Табл. 5. Влияние азотных и фосфорных минеральных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы, т/га. (1) Обозначение опыта. а) $СНР_{5\%}$. (2) Предшественник горох (А). (3) Предшественник пшеница (В). (4) А—В, б) в 171 и 181 опытах; с) в остальных опытах.

Табл. 6. Опыты с озимой пшеницей после кукурузы: величины MQ основных и взаимных влияний (средняя квадратичная разница). (1) Фактор. а) ротация. (2) Степень свободы. (3) Обозначение опыта. б) среднее по 2. и 3. ротациям. * $P=5\%$; ** $P=1\%$; *** $P=0,1\%$; † $P=10\%$ уровни достоверности.

Табл. 7. Влияние азотных и фосфорных минеральных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы (т/га) после кукурузы, как предшественника. (1) Обозначение опыта. а) $СНР_{5\%}$. (2) Дозы азота. * дозы азота в опытах с обозначением, оканчивающимся на 4: 35—70—105 кг/га; в опытах с обозначением, оканчивающимся на 8 и 12: 50—100—150 кг/га.

Табл. 8. Влияние азота и фосфора в опытах с озимой пшеницей, в среднем по 2. и 3. ротациям. (1) Обработки. а) $СНР_{5\%}$; б) среднее. (2) Предшественник горох. (3) Предшественник пшеница. (4) Предшественник кукуруза. (5) Обозначение опыта. I. Урожай зерна, т/га. II. Дополнительное влияние азотных минеральных удобрений, т/га. III. Дополнительное влияние фосфорных минеральных удобрений, т/га.

Табл. 9. Величины факторов MQ после озимой пшеницы и кукурузы, в опытах с обозначением 17 и 18. (1) Факторы. а) ротация; б) предшественник. (2) Степень свободы. (3) Средняя квадратичное расхождение. * $P=5\%$, ** $P=1\%$, *** $P=0,1\%$ уровни достоверности.

Табл. 10. Влияние азота и фосфора, а также предшественников в опытах с озимой пшеницей, в среднем по ротациям. (1) Обработки. а) $СНР_{5\%}$; б) среднее. (2) Предшественник пшеница (А). (3) Предшественник кукуруза (В). (4) Обозначение опыта. (5) А—В. I. Урожай зерна, т/га. II. Дополнительное влияние азота, т/га. III. Дополнительное влияние фосфора, т/га.

Табл. 11. Влияние фосфорных минеральных удобрений в среднем по опытам с обозначением 17 и 18. (1) Обработка. (2) Год. а) $СНР_{5\%}$. I. Урожай зерна, т/га. II. Прибавка урожая зерна, т/га. III. Относительное число ($N_3K=100$). IV. Прибавка урожая зерна, кг/га P_2O_5 .

Рис. 1. Влияние азотных и фосфорных минеральных удобрений в опытах с озимой пшеницей. А) После предшественника гороха: 1 год, 5 год, 9 год. В) После пшеницы: 1 год, 5 год, 9 год. С) После кукурузы: 4 год, 8 год, 12 год. По горизонтальной оси: урожай зерна, т/га.

Рис. 2. Общие урожаи пшеницы, идущей после пшеницы и кукурузы, в среднем по опытам с обозначением 17 и 18, на уровне N_3K . По вертикальной оси: урожай зерна, т/га. По горизонтальной оси: год.