

**A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata
őszibúza-monokultúrában**

**II. Fajlagos hatékonyság, tápelemtartalom és -felvétel,
a P-előregedés vizsgálata, fenológiai megfigyelések**

KÁDÁR IMRE és CSATHÓ PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest

Előző közleményünkben ismertettük a talajvizsgálati és a szemterméseredményeket, valamint részletesen kitértünk a kísérleti körülmények bemutatására [7]. Jelen munkánkban elsősorban azt vizsgáljuk, hogy miképpen alakul a foszformütrágya hatékonysága az adag és az idő függvényében. Elemezzük továbbá a melléktermékek hozamának, a fő- és a melléktermékek tápanyagtartalmának, valamint -arányainak alakulását és a főbb makrotápelemek felvételét, majd a P-mérlegek alakulását alapul véve megkíséreljük megítélni a műtrágya-P értékcsökkenését a talajban a frissen adotthoz tesztelve.

A trágyahatások alaposabb megismerése céljából felhasználtuk a biológiai terméselemzés módszerét is. Segítségével visszapillantást nyerhetünk a növény fejlődésmentére az ontogenezis folyamán. A nemesítésben és fajta-összehasonlító vizsgálatokban, produktivitás-biológiában meglehetősen elterjedt módszer alkalmas ugyanis a trágyahatások elemzésére is, továbbá hasznos információkat szolgáltat a trágyahatások okainak, illetve azok elmaradásának felderítésében. A növénytáplálási kutatásokban, talán részben meglehetősen munkaigényes volta miatt, nem minden esetben kísérője a vizsgálatoknak.

A P-hatások részletesebb elemzése céljából levélanalízist is végeztünk. Az irodalomban elfogadott bokrosodás vége, szárbaindulás eleje fejlődési stádiumban lévő őszi búza tápláltsági állapotát és tápanyagfelvételét vizsgáltuk a száraz 1976-os, valamint a kedvezőbb csapadékeloszlású 1977-es években. A foszformütrágyázás hatását az őszi búza fejlődésére fenológiai megfigyelésekkel, a tenyészidő folyamán végzett bonitálásokkal is nyomon követtük. Utóbbi vizsgálataink adatait statisztikailag feldolgozva választ kerestünk arra, hogy e módszer mennyire megbízhatóan képes a parcellák termékenységében létrejött különbségeket jelezni, illetve mennyiben lehet alkalmas a trágyahatások előrejelzésére.

A vizsgált 8 évben kísérletünkben a fajták az alábbiak voltak: 1973-ban Kiszombori, 1974—75—76. években Kavkaz, 1977-ben Mv-4, 1978-ban Mv-5, 1979-ben Rana-1, valamint 1980-ban Mv-4.

A szuperfoszfát hatékonyságának vizsgálata

Az 1. táblázatban a 2 évenkénti kumulatív, valamint az 1 kg műtrágya- P_2O_5 -re jutó fajlagos szemterméstöbbletek alakulását mutatjuk be. Az adatokból megállapítható, hogy a kumulatív terméstöbbletek általában nőnek a trágyaadaggal. Ez alól az első 2 év többletei képeznek kivételt, amennyiben a kísérlet első évében szereplő Kiszombori fajta a nagyobb P-ellátottságú parcellákon megdőlt és termés csökkenést jelzett. Az is megfigyelhető, hogy míg a kis adagú trágyázás utóhatása csökkenő, az itt kapott terméstöbbletek egyre jelentéktelenebbé válnak, addig a nagyobb P-adagok utóhatása a 4 éves átlagokat figyelembe véve a vizsgált 8 év alatt gyakorlatilag változatlan az évhatások által okozott jelentős szórásoktól eltekintve.

A trendekből arra következtethetünk, hogy a kísérlet 4. évét követően a 40, a 6. éve után a 80 és feltehetően csak a 8. év után a 120 kg/ha P_2O_5 -adagok utóhatása jelentéktelenné válik, illetve megszűnik. Az adatokból kitűnik, hogy a 240 és különösen a 360 kg/ha és annál nagyobb P_2O_5 -adagok esetében még további jelentős utóhatások várhatók a jövőben. A műtrágyázás fajlagos hatékonysága természetesen az adaggal csökkenő, mert a hatásgörbék telítődési görbét írnak le. A legnagyobb fajlagos terméstöbbleteket a legkisebb, 40 kg/ha adagnál kaptuk, kereken 86 kg búzaszemtöbbletet 1 kg P_2O_5 -hatóanyagra, 8 év alatt. A kisebb adagok fajlagos

1. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatásának alakulása (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök 1973—1980)

(1) P_2O_5 , kg/ha, 1972 őszi	(2) Kísérleti évek							
	1. + 2. év	3. + 4. év	5. + 6. év	7. + 8. év	1. — 4. év	5. — 8. év	1. — 6. év	1. — 8. év
A. Szemterméstöbblet, t/ha								
40	0,91	2,03	0,45	0,04	2,94	0,49	3,39	3,43
80	1,01	2,73	0,88	-0,17	3,74	0,71	4,62	4,45
120	1,11	3,41	1,36	0,25	4,52	1,61	5,88	6,13
240	0,83	4,69	2,75	0,87	5,52	3,62	8,27	9,14
360	0,71	5,38	3,31	1,49	6,09	4,80	9,40	10,89
480	0,71	5,72	3,28	1,96	6,43	5,24	9,71	11,67
600	0,69	5,46	3,48	2,27	6,15	5,75	9,63	11,90
720	0,22	6,07	3,39	2,69	6,29	6,08	9,68	12,37
a)SzD _{5%}	0,34	0,56	0,65	0,39	0,66	0,76	0,93	1,01
B. 1 kg P_2O_5-re jutó szemterméstöbblet, kg								
40	22,8	50,8	11,2	1,0	73,6	12,2	84,8	85,8
80	12,6	34,1	11,0	-2,1	46,7	8,9	57,7	55,6
120	9,2	28,4	11,3	2,1	37,6	13,4	48,9	51,0
240	3,5	19,5	11,5	3,6	23,0	15,1	34,5	38,1
360	2,0	14,9	9,2	4,1	16,9	13,3	26,1	30,2
480	1,5	11,9	6,8	4,1	13,4	10,9	20,2	24,3
600	1,1	9,1	5,8	3,8	10,2	9,6	16,0	19,8
720	0,3	8,4	4,7	3,7	8,7	8,4	13,4	17,1

szemterméstöbbletei a 6. évet követően már nem növekedtek számottevően, a nagyobb adagoknál viszont a hatékonyság további javulásával számolhatunk. A bemutatott adatok alapján arra a megállapításra juthatunk, hogy a kísérletünkéhez hasonló típusú talajban akkumulált műtrágya-P nem vész el teljesen a növények számára, hosszabb időszakot feltételezve hasznosulhat.

A foszforral gyengén ellátott talajokon azonban agronómiai szempontból nem lehet célunk a műtrágya-P minél teljesebb hasznosulására törekedni ilyen módon, kis termékek árán. Kívánatos tehát a gyengén ellátott talaj felvehető P-tartalmát a közepes, illetve kielégítő tartományba emelni, talajgazdagító trágyázással. Utóbbi történhet lassan, amikor évente a tervezhető termés P-tartalmát jelentősen, 1,5—2-szer meghaladó P-trágyázást biztosítunk, illetve történhet gyorsan is, amikor esetleg egyszeri bevittel, feltöltő-melioratív trágyaadagokkal az adott talaj P-ellátottságát a kielégítő tartományba emeljük. A módszer megválasztása üzemgazdasági szintű döntést igényelhet hasonló esetben.

A P-műtrágyázás hatása a búza szalma-, pelyva- és összes föld feletti hozamára

Jelenlegi termesztési technológiáink ugyan a melléktermékeket alulértékelik, azonban mivel potenciális energia- és nyersanyagforrások, szervesanyagforrások, a jelentőségük nem csökken, sőt a nagyobb szemterméshozamokkal együtt a melléktermékek hasznosításának kérdése is fontosabbá válhat a jövőben. A 2. táblázatban a szalma-, a pelyva- és az összes föld feletti hozamokat közöljük. A trágyahatásokat elemezve megállapítható, hogy főbb tendenciájukat tekintve mind a szalma, mind a pelyva a szemtermésnél részletezett trágyahatásokat követi. A legnagyobb szalma- és pelyvahozam, a 8 év összegeit tekintve a legnagyobb adagú P-trágyázásnál jelentkezett. A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva a 8 év alatt mintegy 13 t szalma-, illetve 2 t pelyvatöbbletet takarítottunk be hektáronként a P-ral legjobban ellátott parcellákon. A melléktermékek hozama az évek és a fajták függvényében erősen változott, a szemterméseknél elmondottakhoz hasonlóan [7].

Az őszi búza összes légszár az föld feletti tömegét vizsgálva a 8 év alatt mintegy 28 t/ha — azaz 43%-os — hozamtöbblet regisztrálható a legjobban trágyázott parcellákon a kontrollhoz képest. Ez évente átlagosan 3,5 t/ha légszár az anyagot jelent. A kontrollhoz viszonyított trágyahatások minden évben statisztikailag is igazolhatónak bizonyultak. A szemterméshozamokhoz hasonlóan legnagyobb többletek az 1975. és 1976. években jelentkeztek, valamint relatíve (%-osan) az 1979. évben (2. táblázat).

Minden bizonnyal a jövőben is a fő termelési cél az értékeesebb szemtermés növelése marad. Felvetődik a kérdés, hogy a P-műtrágyázás mennyiben befolyásolhatja a növény szárazanyag-termelésének megoszlását, a fő- és a melléktermékek arányát? Egységnyi szemtermés előállítására mikor használ fel kevesebb vizet, tápanyagot, stb. kevesebb melléktermék előállítására útján? A főtermék/melléktermék aránya fajtajelleg is. Kísérleti körülményeink között valószínűleg 3 tényező hatása jelentkezhetett: év, fajta, P-ellátás. A P-trágyázás hatását azonban megbízhatóan becsülhetjük egy-egy évben, amikor egy adott fajtával dolgoztunk, csak a talaj P-ellátottsága volt eltérő.

2. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza légszáraz szalma-, pelyva-, és összes földfelettitömeg-hozamára (Nagyhőresök, 1973—1980)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag	(4) Összes
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980		
A. Szalma, t/ha										
—	4,01	5,76	2,30	2,67	5,06	4,30	0,92	3,97	3,62	28,99
40	4,52	5,93	3,79	3,12	4,15	5,04	1,09	4,04	3,96	31,68
80	4,40	5,97	4,15	3,76	4,56	5,11	0,99	3,68	4,08	32,62
120	4,44	6,18	4,00	3,88	4,62	5,54	1,05	4,05	4,22	33,76
240	4,24	6,58	5,31	4,62	5,02	6,68	1,26	4,33	4,76	38,04
360	4,11	6,79	5,05	5,02	5,00	7,10	1,35	4,65	4,88	39,07
480	4,21	7,03	5,54	5,58	4,86	7,25	1,51	4,78	5,10	40,76
600	4,11	7,08	4,69	5,11	4,94	7,43	1,56	5,08	5,00	40,00
720	4,25	7,20	5,12	5,66	5,20	7,95	1,71	5,18	5,28	42,27
a) SzD _{5%}	0,25	0,27	0,57	0,28	0,62	0,54	0,14	0,27	0,14	1,14
Átlag	4,25	6,50	4,44	4,38	4,82	6,27	1,27	4,42	4,54	36,35
B. Pelyva, t/ha										
—	1,25	1,49	0,56	0,81	1,63	1,20	0,44	1,53	1,11	8,91
40	1,30	1,51	0,91	0,92	1,30	1,24	0,42	1,33	1,12	8,93
80	1,29	1,57	1,00	1,08	1,39	1,40	0,38	1,32	1,18	9,43
120	1,27	1,64	0,97	1,13	1,46	1,40	0,46	1,40	1,22	9,73
240	1,13	1,64	1,29	1,23	1,56	1,65	0,53	1,52	1,32	10,55
360	1,15	1,61	1,21	1,32	1,57	1,62	0,54	1,55	1,32	10,57
480	1,15	1,65	1,35	1,57	1,48	1,66	0,61	1,57	1,38	11,04
600	1,16	1,62	1,17	1,32	1,57	1,62	0,62	1,63	1,34	10,71
720	1,13	1,56	1,21	1,46	1,66	1,64	0,64	1,67	1,37	10,97
SzD _{5%}	0,07	0,06	0,13	0,08	0,21	0,13	0,06	0,09	0,04	0,32
Átlag	1,20	1,59	1,07	1,20	1,52	1,49	0,52	1,50	1,26	10,09
C. Szem + szalma + pelyva, t/ha										
—	9,08	13,08	4,23	5,55	9,60	9,24	2,89	10,28	7,99	63,95
40	10,16	13,66	7,62	6,59	8,55	10,28	3,11	10,12	8,76	70,09
80	10,02	13,87	8,47	7,69	9,05	10,94	2,97	9,54	9,07	72,55
120	9,80	14,49	8,71	8,12	9,33	11,70	3,22	10,30	9,46	75,67
240	9,15	14,92	10,91	9,67	10,65	13,66	3,70	11,12	10,47	83,78
360	8,90	15,12	10,72	10,70	10,90	14,35	3,99	11,90	10,82	86,58
480	8,94	15,46	11,40	11,80	10,60	14,58	4,58	12,16	11,19	89,52
600	8,93	15,38	10,20	10,99	11,13	14,56	4,66	12,81	11,08	88,66
720	8,88	15,13	10,97	11,99	11,38	15,11	4,99	13,21	11,46	91,66
SzD _{5%}	0,53	0,59	1,14	0,55	1,29	1,08	0,42	0,67	0,30	2,38
Átlag	9,32	14,57	9,25	9,23	10,13	12,71	3,79	11,27	10,03	80,27

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag	(4) Összes
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980		
D. Szem + szalma + pelyva, %										
—	100	100	100	100	100	100	100	100	100	—
40	112	104	180	119	89	111	108	98	110	—
80	110	106	200	139	94	118	103	93	114	—
120	108	111	206	146	97	127	111	100	118	—
240	101	114	258	174	111	148	128	108	131	—
360	98	116	253	193	114	155	138	116	136	—
480	98	118	270	213	110	158	158	118	140	—
600	98	118	241	198	116	158	161	125	139	—
720	98	116	259	216	119	164	173	128	143	—
SzD _{5%}	6	5	27	10	14	12	15	7	5	—
Átlag	103	112	219	166	106	138	131	110	126	—

A 3. táblázat adataiból kitűnik, hogy 1973-ban a Kiszombori, 1974-ben a Kavkaz, valamint 1978-ban az Mv-5 fajtnál P hatására jobban nőtt a szalma, mint a szem termése. Más években, részben ugyanazon fajtnál is (pl. Kavkaz 1975-ben) ellenkező tendencia érvényesült. A legkifejezettebben 1977. évben szűkült a szalma/szem aránya. Ugyanakkor az egyik legszárazabb (1979), valamint a viszonylag kedvező csapadékeloszlású 1980-as évben a szalma/szem aránya nem változott szemmel láthatóan a talaj P-ellátottsága függvényében. E két évben a szalma/szem aránya a legszűkebb volt. Mind a legszűkebb, mind a legtágabb szalma/szem arány a kontrollparcellákon fordult elő. A 8 év átlagában, tendenciájában vizsgálva azonban arra a következtetésre jutottunk, hogy a talaj kielégítő P-ellátottságán általában szűkült a szalma/szem aránya, a szervesanyag-termelés a főtermés javára tolódott el.

Ez utóbbi megállapítást még jobban alátámasztani látszik a pelyvának a szemhez viszonyított aránya. Itt a legtöbb évben statisztikailag igazolhatóan és egyértelműen szűkült ez a viszonzszám, melyre a 8 éves átlagok trendje is meggyőzően utalt. A relatíve kicsi szalmatermással tehát relatíve kicsi pelyvahozam járt együtt. A 8 év, a fajták és a kezelések átlagában a szalma és a szem légszáraz hozama körülbelül azonosnak mutatkozott, az arányuk 1,1 körül alakult. A pelyvahozam átlagosan a szemhozamok 1/3-ának felelt meg (3. táblázat).

A szalma + pelyva, tehát az összes föld feletti melléktermék viszonyát vizsgálva a szemterméshez megállapítható, hogy az előbbieket tömege a vizsgált évek és fajták átlagában mintegy 30—40%-kal múlta felül a főtermékét. Mind a fajta, mind az év, mind a P-ellátás befolyásolhatja a növényen belüli szárazanyag-termelés illeten megoszlását. A melléktermék/főtermék arány 0,9—1,7 között változott az évek, ill. a fajták átlagában. A P-trágyázás egyes években növelte, más években szűkítette vagy lényegében alig befolyásolta ezeket a viszonyokat. Nedves, illetőleg száraz évek hatása e tekintetben nem volt elkülöníthető. Korábbi kísérleteinkben arra a következtetésre jutottunk [4], hogy amennyiben a P minimumba kerül a talajban, ez a búza összes szárazanyag-termelésének kedvezőtlen megoszlásához vezethet a relatíve alacsonyabb főtermékhozamon keresztül. Ez a megállapítás lényegében itt is elfogadhatónak tűnik a 8 éves átlagok tükrében (3. táblázat).

3. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza fő- és melléktermékeinek arányára
(Nagyhörcsök, 1973—1980)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
A. Szalma/szem									
—	1,05	0,99	1,68	1,29	1,74	1,15	0,60	0,83	1,17
40	1,04	0,96	1,30	1,22	1,34	1,26	0,68	0,85	1,08
80	1,02	0,94	1,25	1,32	1,47	1,16	0,62	0,81	1,07
120	1,09	0,93	1,07	1,25	1,42	1,16	0,61	0,84	1,05
240	1,14	0,98	1,23	1,21	1,24	1,26	0,66	0,82	1,07
360	1,14	1,01	1,13	1,15	1,15	1,26	0,64	0,82	1,04
480	1,19	1,04	1,23	1,20	1,14	1,28	0,61	0,82	1,06
600	1,12	1,06	1,08	1,12	1,06	1,36	0,63	0,83	1,03
720	1,22	1,13	1,13	1,16	1,15	1,45	0,65	0,82	1,09
a) SzD _{5%}	0,14	0,06	—	0,12	0,22	0,17	0,05	0,04	0,05
Átlag	1,11	1,00	1,23	1,22	1,30	1,26	0,63	0,83	1,07
B. Pelyva/szem									
—	0,33	0,26	0,41	0,39	0,56	0,32	0,29	0,32	0,36
40	0,30	0,24	0,31	0,36	0,42	0,31	0,26	0,28	0,31
80	0,30	0,25	0,30	0,38	0,45	0,32	0,24	0,29	0,32
120	0,31	0,24	0,26	0,36	0,45	0,30	0,26	0,29	0,31
240	0,30	0,24	0,30	0,32	0,38	0,31	0,28	0,29	0,30
360	0,32	0,25	0,27	0,30	0,36	0,29	0,26	0,27	0,29
480	0,32	0,24	0,30	0,34	0,35	0,29	0,25	0,27	0,30
600	0,32	0,24	0,27	0,29	0,34	0,30	0,25	0,27	0,29
720	0,32	0,24	0,26	0,30	0,37	0,30	0,24	0,26	0,29
SzD _{5%}	0,02	0,01	—	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01
Átlag	0,31	0,24	0,30	0,34	0,41	0,30	0,26	0,28	0,31
C. Szalma + pelyva/szem									
—	1,38	1,24	2,09	1,68	2,30	1,47	0,89	1,15	1,53
40	1,34	1,20	1,61	1,59	1,76	1,57	0,94	1,13	1,39
80	1,31	1,19	1,55	1,70	1,92	1,47	0,86	1,10	1,39
120	1,40	1,17	1,33	1,62	1,88	1,46	0,88	1,12	1,36
240	1,44	1,23	1,53	1,54	1,62	1,57	0,93	1,11	1,37
360	1,45	1,25	1,40	1,46	1,51	1,55	0,89	1,09	1,32
480	1,52	1,28	1,53	1,54	1,49	1,57	0,86	1,09	1,36
600	1,44	1,30	1,35	1,41	1,40	1,65	0,88	1,10	1,32
720	1,54	1,38	1,39	1,46	1,52	1,74	0,89	1,08	1,38
SzD _{5%}	0,15	0,07	—	0,14	0,27	0,18	0,06	0,06	0,06
Átlag	1,42	1,25	1,53	1,56	1,71	1,56	0,89	1,10	1,38

A P-műtrágyázás hatása a búza tápelemtartalmára és -arányaira

A búza elemiben kifejezett N-, P- és K-tartalmának alakulását a 4. táblázatban foglaltuk össze. Az eredeti 9 kezelésből csak a P-ral gyengén, közepesen és jól ellátott parcellákat emeltük ki a tendenciák bemutatása céljából. Az éveket vizsgálva azt tapasztalhatjuk, hogy a viszonylag nagyobb hozamú 1974. és 1980. években a szem P-tartalma alacsony maradt, feltehetően a „hígulási effektus” miatt. Ugyancsak

4. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza légszáraz termésének %-os P- és N-, K-tartalmára (Nagyhörcsök, 1973—1980)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszi	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
P%									
A. Szem									
—	0,28	0,24	0,27	0,32	0,34	0,29	0,28	0,24	0,28
240	0,31	0,30	0,34	0,32	0,32	0,32	0,32	0,27	0,31
480	0,33	0,31	0,37	0,36	0,36	0,34	0,30	0,26	0,33
720	0,32	0,32	0,36	0,35	0,32	0,36	0,32	0,28	0,33
a) SzD _{5%}	0,03	—	—	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01
Átlag	0,31	0,29	0,34	0,34	0,34	0,33	0,30	0,26	0,31
B. Szalma									
—	0,04	0,04	0,06	0,07	0,05	0,02	0,04	0,03	0,04
240	0,06	0,06	0,08	0,07	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05
480	0,07	0,05	0,10	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06
720	0,08	0,06	0,08	0,12	0,06	0,05	0,04	0,04	0,07
SzD _{5%}	0,01	—	—	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Átlag	0,06	0,05	0,08	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06
C. Pelyva									
—	0,08	0,06	0,06	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07
240	0,09	0,08	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,07
480	0,11	0,10	0,06	0,08	0,08	0,07	0,09	0,06	0,08
720	0,10	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,11	0,07	0,09
SzD _{5%}	0,02	—	—	—	0,02	0,02	—	—	0,01
Átlag	0,10	0,08	0,07	0,08	0,08	0,07	0,09	0,06	0,08
D. A P-kezelések átlagában									
N%									
A. Szem	2,32	2,22	2,27	2,44	2,47	2,27	2,36	1,91	2,28
B. Szalma	0,72	0,53	0,78	0,83	0,63	0,59	0,68	0,43	0,65
C. Pelyva	0,83	0,74	0,70	0,65	0,78	0,64	0,66	0,57	0,70
K%									
Szem	0,35	0,35	0,42	0,45	0,38	0,42	0,43	0,35	0,39
Szalma	0,63	0,79	0,60	1,19	0,56	0,73	0,74	0,70	0,74
Pelyva	0,33	0,44	0,46	0,82	0,38	0,42	0,38	0,49	0,46

5. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza tápelemarányaira (Nagyhörcsök 1973—1980)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
N/P									
A. Szem									
—	8,2	9,0	8,1	8,0	7,7	7,9	8,4	7,9	8,2
240	7,6	7,7	6,8	7,3	7,8	7,1	8,3	7,4	7,5
480	7,1	7,2	6,4	6,6	6,9	6,8	7,8	7,1	7,0
720	7,6	6,9	6,4	6,9	7,4	6,7	7,5	7,1	7,1
a) SzD _{5%}	0,6	—	—	0,5	0,8	0,5	0,8	0,9	0,3
Átlag	7,6	7,7	6,9	7,2	7,4	7,1	8,0	7,4	7,4
B. Szalma									
—	14,6	12,8	13,0	11,3	13,6	25,0	18,8	13,7	15,4
240	12,4	8,3	9,9	11,4	14,8	25,0	20,8	12,1	14,3
480	10,8	9,2	7,8	9,8	12,0	17,5	17,1	10,4	11,8
720	10,6	9,3	8,4	8,0	12,4	15,1	17,7	12,5	11,8
SzD _{5%}	2,4	—	—	4,3	2,3	13,6	4,6	4,1	2,6
Átlag	12,1	9,9	9,8	10,1	13,2	20,6	18,6	12,2	13,3
C. Pelyva									
—	8,5	13,3	10,5	8,9	10,6	9,3	8,7	8,6	9,8
240	9,5	9,6	9,8	9,4	10,3	11,2	8,5	9,2	9,7
480	8,7	7,9	10,2	7,8	10,5	9,7	7,7	10,2	9,1
720	8,6	8,3	8,9	7,8	9,0	9,3	6,8	8,6	8,4
SzD _{5%}	1,6	—	—	1,5	1,5	2,1	—	—	0,9
Átlag	8,8	9,8	9,8	8,5	10,1	9,9	7,9	9,2	9,2
K/P									
A. Szem									
—	1,1	1,5	1,5	1,5	1,3	1,6	1,5	1,5	1,4
240	1,1	1,2	1,2	1,4	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3
480	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,4	1,3	1,2
720	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,4	1,3	1,2
SzD _{5%}	0,1	—	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Átlag	1,1	1,2	1,3	1,4	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3
B. Szalma									
—	17,4	19,0	8,5	14,7	10,2	31,0	19,0	22,2	17,8
240	9,3	13,3	7,0	17,4	13,4	31,5	21,1	21,0	16,8
480	8,7	16,0	6,8	13,8	11,4	21,6	18,8	15,4	14,1
720	8,5	13,5	8,9	10,2	10,2	16,2	19,1	17,6	13,0
SzD _{5%}	2,6	—	—	2,5	2,8	17,5	4,7	7,6	3,4
Átlag	11,0	15,4	7,8	14,0	11,3	25,1	19,5	19,0	15,4

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszi	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
C. Pelyva									
—	4,1	7,7	7,0	10,0	5,0	7,0	5,4	7,0	6,6
240	3,8	5,3	6,0	13,8	5,1	7,3	5,0	7,8	6,8
480	3,3	4,2	7,3	9,6	5,1	6,5	4,7	8,5	6,2
720	2,9	4,1	6,1	10,2	4,2	5,5	3,6	6,9	5,4
SzD _{5%}	0,8	—	—	1,9	1,1	1,8	—	—	0,7
Átlag	3,5	5,3	6,6	10,9	4,8	6,6	4,7	7,6	6,2
D. N/K arányok átlagosan									
A. Szem	6,6	6,3	5,4	5,5	6,6	5,4	5,5	5,5	5,8
B. Szalma	1,1	0,7	1,3	0,7	1,1	0,8	0,9	0,6	0,9
C. Pelyva	2,7	1,7	1,5	0,8	2,0	1,5	1,7	1,2	1,6

viszonylag alacsony P%-ot találunk, alacsony hozamok mellett, a száraz 1979. év szemtermésében. Mint ismeretes, szárazabb viszonyok között a talaj különböző P-formái rosszabbul oldódnak, illetve a diffúziós utak meghosszabbodnak, és ebből adódóan a trágyahatások a szárazabb évekből jelentősek lehetnek. A kontroll %-ában kifejezett terméstelekek, tehát a relatív trágyahatások valóban kifejezetteknek mutatkoztak kísérletünkben, pl. a szárazabb 1976-os és 1979-es évekből.

A 8 év átlagában a szalma és a pelyva P%-a abszolút értékben kisebb mértékben emelkedett, mint a szemé, viszont ha a növekedést a kontroll %-ában fejezzük ki, ellenkező képet kapunk: a szalma P-tartalma 75, a pelyváié 28, míg a szemé 18%-kal emelkedett a P-ral kielégítően ellátott parcellákon. A generatív szem P-tartalma kevésbé ingadozott a trágyázás és az évek, illetve fajták függvényében (mintegy 10—20% között), mint a vegetatív növényi részt képviselő szalmáié (50—100%). A pelyva átmenetet képvisel a szem és a szalma között, mind az abszolút P koncentrációját, mind azok ingadozását tekintve, de közelebb áll a szalmához. A szem P-koncentrációja átlagosan 3—4-szeresen múlta felül a pelyváiét és 4—7-szeresen a szalmáiét (4. táblázat).

Tekintettel arra, hogy a P-trágyázás számottevően nem befolyásolta a növényi részek N- és K-tartalmát, azokat tájékoztató jelleggel a P-kezelések (évek) átlagában tüntettük fel. Itt is megállapítható, hogy a szem tápelemtartalmát viszonylagos stabilitás jellemzi, míg a pelyva, de különösen a szalma N- és K-tartalma az egyes évekből erősen ingadozhat, lényegében a P-tartalomhoz hasonlóan mértékben és nagyságrendben (4. táblázat).

A növényi részek ásványi elem-tartalmának ismerete nemcsak a trágyahatások mérése, a tápanyagok felvétele szempontjából fontos. Az ásványi összetétel közismerten minőségi jellemzője is a terméknek, takarmányértékét befolyásolhatja stb. Ezen túlmenően a főbb tápelemarányokkal együtt magának a növénynek a tápláltsági állapotát is tükrözi, diagnosztikai értelmű információkat hordoz.

Az 5. táblázatban a legfontosabb tápelemarányok alakulását mutatjuk be. A szemtermés N/P aránya kevésbé ingadozik az évek átlagaiban. A P-trágyázás hatására a 8—9 körüli N-túlsúly a szemben 7 körülire módosul. Korábbi kísérleteinkben

csernozjomon és karbonátos Duna—Tisza-közi homokon azt találtuk, hogy a búzák szemtermésének N/P aránya a P-ral gyengén ellátott talajokon évtől és fajtától többé-kevésbé függetlenül 8—9 között ingadozott, míg a kielégítő ellátottságokon a nagyobb termésekben 6—7-szeres N-túlsúlyt figyeltünk meg [4, 8]. A korábbi tapasztalatokkal való jó egyezés alapján úgy tűnik, hogy az őszibúzaszem N/P aránya is alkalmas lehet a talaj P-ellátottságának becslésére és a következő évi műtrágyaigény számítására.

A szalma N/P aránya erősen változó, mind az évek (fajták), mind a trágyázás hatására. Két vizsgált évben, 1978-ban és 1979-ben, az átlagos N-túlsúly 18—20-szoros a P-hoz viszonyítva, a Kavkaz fajtáknál ugyanakkor mind a három egymást követő évben (1974—1976) 10 körüli. Az adatok arra engednek következtetni, hogy a N/P arány fajtajelleget takarhat. A foszforhoz viszonyított N-túlsúly legnagyobb volt az Mv-5 és Rana-1 fajtáknál és legalacsonyabb a Kavkaz esetében. A talaj P-ellátottságának javulásával minden esetben együttjárt a N/P arány szűkülése, az esetek nagy részében statisztikailag is igazolható módon megnyilvánulva. A szalma N/P aránya azonban kevésbé lehet alkalmas diagnosztikai célú becslésekre, amennyiben a nagy szemtermésekhez tartozó optimális szalma N/P arányok megállapítása az igen kifejezett instabilitás miatt nehézségekbe ütközhet. A pelyva N/P arányai viszonylag állandóak, mind az év (fajta), mind a trágyázás hatása jelentéktelennek bizonyult (5. táblázat).

Ami a K/P arányok alakulását illeti, a szemtermésben a kálium átlagosan mintegy 40%-kal haladja meg a foszfortartalmat a P-ral gyengén és mintegy 20%-kal a P-ral jól ellátott talajon. A szalma átlagos K-tartalma ugyanakkor mintegy 18-szorosa a P-tartalomnak a kontroll esetében és 13-szorosa a legnagyobb adagú P-kezelésben részesült parcellán. A N/P arányokhoz hasonlóan a legtágabb K/P arányokat 1978-ban a Mv-5, valamint 1979-ben a Rana-1 fajta mutatta. A fajtajelleget túl igen erős az évhata is. Így pl. a Kavkaz átlagos K/P aránya csaknem felére csökkent 1975-ben az 1974. évi adathoz képest. A pelyva K/P aránya, mind abszolút értékét, mind ingadozását tekintve a szem és a szalma között helyezkedik el. Az átlagos N/K arányokról is elmondható, hogy a legtágabbak és a legstabilabbak az egyes éveket tekintve a szem arányai, legszűkebbek és instabilabbak a szalmában, míg a pelyva N/K arányai átmenetet jelentenek.

Biológiai termélelemzés

A műtrágyázás hatását általában a szemtermésben, esetleg még a szalmatermésben mérjük. A betakarításkori terméshozam azonban a növény fejlődésének végeredménye, csupán eredője. Az aratáskori termésből pl. nem tudhatjuk meg, hogy a műtrágya melyik fejlődési szakaszban hogyan és milyen irányban hatott. A növény trágyaigénye ugyanis a fejlődés különböző stádiumaiban eltérő lehet. Az értékelést kumulatív termélelemzéssel [12] is elvégeztük. Ez abban tér el a szokásos termélelemzéstől, hogy minden termélelemet területegységre vonatkoztatunk. Ezek a csíraszám/m², kalászsám/m², szemszám/m², szemtömeg/m², vagyis a tulajdonképpeni szemtermés. A kalászsám/m² adatokat a parcellánkénti 4 fm mintaterről, a szemszám/m² adatokat a szemtermés és az ezerszemtömeg hányadosából határoztuk meg.

A kumulatív terméselemzéssel lehetőség nyílik a növényállomány fejlődésének grafikus ábrázolására is, minthogy az említett terméselemek egy-egy fejlődési fázis végtermékei, és szigorúan meghatározott sorrendben alakulnak ki. A fejlődésment grafikus ábrázolásán a vízszintes tengely a fejlődés sorrendjében a m²-re vonatkozta-
tott terméselemeket, mint az egyes fejlődési fázisok végtermékeit, a függőleges tengely a

6. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza terméselemeire (Nagyhörcsök 1973—1980)

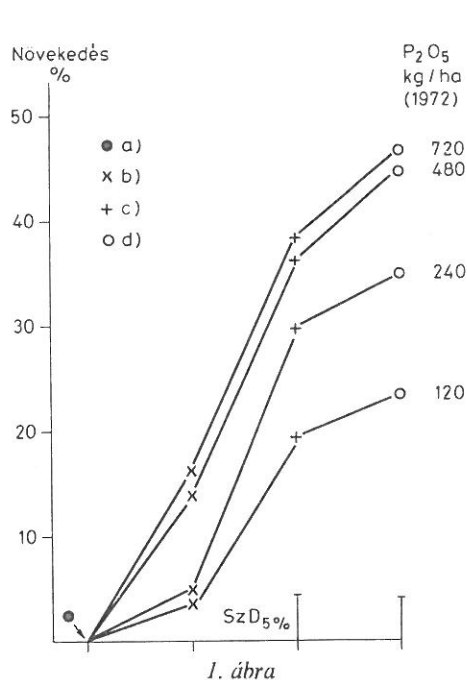
(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
A. Szemek száma, db/kalász									
—	23	26	12	16	20	24	24	24	21
240	28	28	30	24	22	29	29	26	27
480	26	26	27	26	20	28	26	28	26
720	26	27	26	24	22	25	29	28	26
a) SzD _{5%}	4	3	3	4	5	5	8	4	2
Átlag	26	27	24	22	21	27	27	26	25
B. Szemtömeg, g/kalász									
—	0,86	1,09	0,39	0,55	0,57	0,96	0,73	0,95	0,76
240	0,91	1,27	1,18	0,86	0,72	1,31	0,90	1,07	1,03
480	0,79	1,23	1,08	1,00	0,69	1,26	0,78	1,18	1,00
720	0,81	1,17	1,05	0,93	0,77	1,17	0,89	1,21	1,00
SzD _{5%}	0,11	0,14	0,12	0,17	0,12	0,22	0,25	0,16	0,06
Átlag	0,84	1,19	0,92	0,84	0,69	1,18	0,83	1,10	0,95
C. Ezerszemtömeg, g									
—	38	42	33	34	29	41	31	40	36
240	33	46	39	36	32	45	31	41	38
480	31	48	39	38	34	46	31	42	39
720	32	44	40	38	35	47	31	43	39
SzD _{5%}	4	—	1	1	3	2	1	1	1
Átlag	34	45	38	36	32	45	31	42	38
D. Kalászsám, db/m²									
—	443	538	352	374	510	390	210	504	415
240	413	530	366	451	569	412	228	494	433
480	451	551	418	475	620	450	314	494	472
720	431	548	442	528	592	474	299	528	480
SzD _{5%}	44	59	—	119	72	62	57	63	27
Átlag	434	542	394	457	573	432	263	505	450
E. Szemszám, 1000 db/m²									
—	10,2	13,8	4,2	6,1	10,2	9,2	4,9	11,9	8,8
240	11,5	14,6	11,1	10,6	12,6	11,9	6,2	12,9	11,4
480	11,6	14,3	11,4	12,4	12,4	12,3	8,0	13,9	12,0
720	11,0	14,6	11,6	12,8	12,8	11,7	8,5	14,8	12,2
SzD _{5%}	0,8	0,7	1,2	0,7	1,7	1,0	0,8	0,6	0,4
Átlag	11,1	14,3	9,6	10,5	12,0	11,3	6,9	13,4	11,1

terméselemeknek az összehasonlítási alapra vonatkoztatott %-os változásait jelöli. Az összehasonlítási alapot (=100%) esetünkben a P-ral nem trágyázott kontroll jelenti (1. ábra).

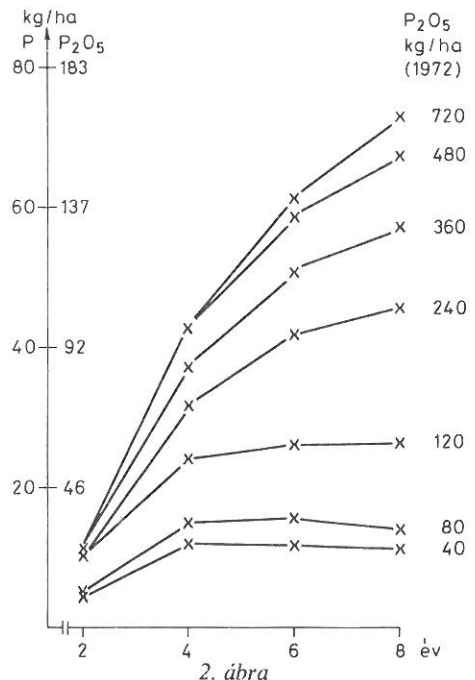
Amint a 6. táblázatból látható, a kielégítő P-ellátottságú talajon fejlődött búza kalászái a 8 év átlagában 26, míg a P-ral gyengén ellátott talajon csak 21 szemet tartalmaztak. A szemek száma kalásonként tehát 24%-kal nőtt. A növekedés tendenciájában szinte minden évben megfigyelhető. A kalásonkénti szemszám a legerőteljesebben a nem trágyázott talajon 1975-ben és 1976-ban a Kavkaz fajtánál csökkent le.

A kalásonkénti átlagos szemtömeg mintegy 30%-kal nőtt. A legkifejezettebben az említett 1975. és 1976. években, 70—170%-kal. Az ezerszemtömeg változása a virágzástól a betakarításig tartó generatív fázis körülményeit, trágyahatását tükrözi. A kísérlet első évében szereplő Kiszombori fajta megdőlése a magasabb P-szinteken (érés kezdetén) jól tükröződik az ezerszemtömeg csökkenő adatain. Általában az ezerszemtömeg nőtt a javuló P-ellátottsággal, a 8 év átlagában ez a növekedés azonban mindössze 8%-ot tett csak ki. Az igen száraz 1976. és 1979. években az ezerszem tömege viszonylag alacsony volt, 1979-ben a trágyahatások is elmaradtak (6. táblázat).

Fontos tanulságul szolgálhatnak a kalászszerkezet/m² adatok. Az évhatást tekintve megállapítható, hogy az igen aszályos 1979-es évben, a 8 év alatt legalacsonyabb



A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza fejlődésmentére (8 év átlagában). (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhorcsók, 1973—1980). Függőleges tengely; növekedés, %. a) csiraszám/m²; b) kalászszerkezet/m²; c) szemszám/m²; d) szemtömeg/m²



A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza föld feletti részének P-felvételére. Kumulált hatások. (Nagyhorcsók, 1973—1980). Vízszintes tengely: évek száma. Függőleges tengely: felvett P-többség, kg/ha (föld feletti növény)

szemterméshozamokkal lényegesen kisebb kalászsám járt együtt. Ugyanekkor a kalászsám %-os növekedései a kontrollparcellákhoz viszonyítva éppen a száraz években (1976, 1979) a legnagyobbak, 40%-ot is meghaladva. Bemutatott adataink összhangban vannak azokkal a kísérleti és tapasztalati megfigyelésekkel, hogy a P-hatások különösen kora tavasszal — bokrosodás idején — a legfeltűnőbbek, és elsősorban száraz években, amikor a legtöbb tápelem felvétele gátolt a talajból.

A tápanyagellátásnak ugyanis már 2—3 leveles stádiumban döntő hatása van a későbbi termésképzésre, a bokrosodásra és ezzel a kalászt hozó száraz számának kialakulására. Ha a táplálkozás ebben a stádiumban elégtelen, csökken a jól fejlett szalmaszáraz és a telt kalászok száma. Tehát ha ebben a korai fejlődési szakaszban nem áll elegendő tápanyag a növény rendelkezésére, terméscsökkenésre számíthatunk, amelyet későbbi bőséges tápanyagellátással sem lehet ellensúlyozni [3, 9]. Adataink alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a nagyobb — esetünkben az 5—7 t/ha — szemterméshozamok eléréséhez mintegy 500—600 kalász kívánatos m^2 -enként.

A m^2 -enkénti szemszám mutatója mint kumulatív termés elem összegzi a kalászsám/ m^2 és a szemszám/kalász alakulását. A 8 év átlagaiban a trágyahatás közel 30%-ot tesz ki, 8800-ról 12 200-ra emelkedik az 1 m^2 -re jutó szemek száma. A szemtermésben, illetve az 1 m^2 -re eső szemtömegben már az ezerszemtömeg hatása is jelentkezik, a kontrollhoz viszonyított terméstöbblet 47% a legnagyobb adaggal trágyázotton (1. ábra). A legnagyobb abszolút és relatív trágyahatást produkáló 1975-ben pl. a %-os trágyahatások (terméstöbbletek) a következőképpen kumulálódtak: a kalászsám/ m^2 -nél 26%, a szemszám/ m^2 -re vonatkoztatva 176%, a szemtömeg/ m^2 -nél, azaz az aratáskori szemterméstöbbletben 239%. Hasonlítsuk össze ezeket az adatokat az ugyancsak jelentős trágyahatásokat mutató 1976-os évvel: kalászsám/ m^2 : 41%, szemszám/ m^2 : 110%, szemtermés: 135%. A trágyahatások mértéke tehát eltérő a különböző stádiumokban.

A P-műtrágyázás hatása az őszi búza tápelemfelvételére

A 7. táblázat adataiból látható, hogy a búza föld feletti tömegével felvett N mennyiségének átlagosan mintegy 70—75%-a a szemben, 20—22%-a a szalmában és 6—8%-a a pelyvatermésben akkumulálódott. A P-ellátottság javulásával általában nőtt mind a szem, mind a szalma és a pelyva N-tartalma. A 8 év átlagait tekintve megállapítható, hogy a P-ral legjobban ellátott talajon a kontrollhoz viszonyítva mintegy 50—55%-kal nőtt a szem, és 100—110%-kal a szalma N-felvétele.

A pelyva a N-forgalom szempontjából elhanyagolható, mind a részarányát (7%), mind a felvett N abszolút értékét tekintve (8—10 kg/ha). Az összes felvett N mennyisége 50—200 kg/ha/év között ingadozott, a monokultúrás termesztés miatt nem túl magas termésszinteken. A P-hatások szabatosabb becslése miatt évi 200 kg/ha N-t adagoltunk a kísérletben, bizonyos fokú túltrágyázásra törekedve. A N nem kerülhetett minimumba, nem gátolhatta a P-hatások érvényesülését. A búza N-forgalmának adatai arra utalnak, hogy a N-trágyázás szintjének megválasztása lényegében helyes volt, amennyiben a P-ral legjobban ellátott parcellák növényeinek N-igényét is kielégíthette.

7. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza tápanyagfelvételére (Nagyhörcsök 1973—1980)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
N, kg/ha									
A. Szem									
—	89	126	30	53	76	85	36	91	73
240	88	156	100	91	101	120	46	105	101
480	84	152	106	111	104	130	58	110	107
720	82	141	108	117	107	133	62	123	109
a) SzD _{5%}	5	6	10	8	13	10	6	6	3
Átlag	86	144	86	93	97	117	51	107	98
B. Szalma									
—	22	29	18	21	34	22	7	16	17
240	34	33	42	36	31	40	9	18	30
480	32	32	43	46	30	44	10	22	32
720	33	40	34	52	35	57	11	27	36
SzD _{5%}	2	2	4	4	4	4	1	1	1
Átlag	30	34	34	39	25	41	9	21	29
C. Pelyva									
—	9	12	4	6	14	7	3	9	8
240	10	13	10	7	12	11	4	8	10
480	10	13	8	10	12	11	4	10	10
720	10	12	9	9	14	12	5	10	10
SzD _{5%}	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Átlag	10	12	8	8	13	10	4	9	9
D. Összes termés									
—	120	168	51	80	124	114	46	116	102
240	131	201	152	134	144	171	58	131	140
480	126	197	157	168	146	184	72	141	149
720	126	194	150	178	156	202	78	160	156
SzD _{5%}	8	8	15	8	18	14	7	8	4
Átlag	126	190	128	140	142	168	64	137	137
P, kg/ha									
A. Szem									
—	10,9	14,0	3,7	6,6	9,9	10,8	4,3	11,5	9,0
240	11,6	20,1	14,7	12,4	13,0	16,8	5,5	14,3	13,6
480	11,8	21,0	16,7	17,0	15,3	19,1	7,4	15,4	15,5
720	11,0	20,4	16,7	17,0	14,7	20,2	8,3	17,5	15,7
SzD _{5%}	0,7	0,8	1,4	1,1	1,6	1,3	0,7	0,9	0,4
Átlag	11,3	18,9	13,0	13,2	13,2	16,8	6,4	14,7	13,4
B. Szalma									
—	1,6	2,3	1,4	1,9	2,5	0,9	0,4	1,2	1,5
240	2,8	3,9	4,2	3,2	2,1	1,7	0,4	1,5	2,5
480	2,9	3,5	5,5	4,6	2,6	2,6	0,6	2,1	3,0
720	3,2	4,3	4,1	6,6	2,9	3,8	0,6	2,2	3,5
SzD _{5%}	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Átlag	2,6	3,5	3,8	4,1	2,5	2,2	0,5	1,8	2,6

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszi	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
C. Pelyva									
—	1,0	0,9	0,3	0,6	1,3	0,7	0,3	1,1	0,8
240	1,0	1,3	1,0	0,7	1,2	1,0	0,4	0,9	0,9
480	1,2	1,6	0,8	1,3	1,2	1,2	0,5	0,9	1,1
720	1,2	1,4	1,0	1,2	1,6	1,3	0,7	1,2	1,2
SzD _{5%}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Átlag	1,1	1,3	0,8	1,0	1,3	1,0	0,5	1,0	1,0
D. Összes termés									
—	13,5	17,2	5,4	9,1	13,7	12,4	5,0	13,8	11,3
240	15,4	25,4	19,9	16,4	16,3	19,5	6,4	16,7	17,0
480	16,0	26,2	23,0	22,9	19,1	22,9	8,6	18,5	19,7
720	15,4	26,1	21,8	24,9	19,1	25,4	9,7	20,8	20,4
SzD _{5%}	0,9	0,9	1,9	1,3	2,0	1,6	0,8	1,0	0,5
Átlag	15,1	23,7	17,5	18,3	17,0	20,1	7,4	17,4	17,1
E. Átlagos K-felvétel, K kg/ha									
A. Szem	13,5	22,8	15,6	16,3	14,5	20,9	9,1	19,1	16,5
B. Szalma	26,8	51,6	26,9	52,6	26,9	47,9	9,6	32,1	34,3
C. Pelyva	3,9	7,0	5,0	9,8	5,9	6,4	2,2	7,5	6,0
D. Összes termés	44,2	81,4	47,5	78,7	47,3	75,2	20,9	58,7	56,8

A 7. táblázat a P-forgalmat is bemutatja. A P-ral jól ellátott talajon a búza szemtermésében átlagosan 70—75, a szalmatermésében 100—130, míg a pelyvatermésben 40—50%-kal volt több ebből a tápelemből, mint a kontrollon. A 8 év átlagában és az összes föld feletti termést figyelembe véve ez a növekedés 80%-ot tett ki. Megállapíthatjuk, hogy a talaj P-ellátottságának javulásával természetesen gyorsabban nőtt a felvett összes P mennyisége (80%), mint a nitrogéné (55%), vagy a termésé (47%). A szalmatermés különösen jó indikátornak mutatkozott e tekintetben, luxusfelvétellel jelezve a talaj javuló tápanyagkínálatát.

A 2. ábrán az őszi búza föld feletti részével kivont P mennyiségeit mutatjuk be, a kumulatív hatásokat a 8 év alatt. A 2 éves trendek arra utalnak, hogy a szemtermés trendjeihez hasonlóan a kísérlet 4. évét követően a 40 és a 80, a 6. éve után a 120 kg/ha P₂O₅-adagok utóhatása a P-felvételben jelentéktelenné válik. A görbék jellegéből, illetve az ábrából az is leolvasható, hogy a 240 és a 360 kg/ha-nál nagyobb adagok esetében még további jelentős utóhatások várhatók a jövőben.

Ami a növény összes föld feletti tömegével felvett P-mennyiségét illeti, megállapítható, hogy az adott termésszinteken az évek átlagait tekintve 7—24 kg elemi P-, azaz 17—54 kg/ha P₂O₅-felvétel adódott. Az összes felvett P 75—80%-a a szemtermésben, mintegy 15%-a a szalmában és 5—7%-a a pelyvában található. A P-forgalom többé-kevésbé tehát a N-forgalomra jellemző képet mutat, a pelyva itt is elhanyagolható tételt képez, a becslés hibáján belül lehet (7. táblázat).

A K-felvétel részletes bemutatásától eltekintettünk, amennyiben a P-kezelések a növény K-koncentrációit lényegesen nem befolyásolták, a K-felvétel alapvetően a

terméstrendeket követte. A 7. táblázatból látható, hogy a K-felvételben közel 4-szeres különbségek adódtak átlagosan az évek között, míg a N és a P felvételében a szemtermésátlagokhoz hasonlóan „csupán” 3-szorosak az eltérések. A K-felvétel nagyobb ingadozása abból ered, hogy a teljes föld feletti rész K-tartalmának mintegy 70%-át akkumuláló szalma és pelyva K-hozamában 4—5-szörös szórások mutatkoztak az egyes évek között. A felvett K mintegy 30%-a a szemben, 60%-a a szalmában és kb. 10%-a a pelyvában halmozódott fel.

A 8 év átlagát tekintve kereken 57 kg K, azaz 69 kg/ha K_2O -mennyiség jelentkezett az összes felvételben. A K-alaptrágyázás szintjének megválasztása (évenként 100 kg/ha K_2O) véleményünk szerint megfelelőnek bizonyult a kísérletünkben, amennyiben a nem kifejezetten K-igényes búza K-szükségletét biztosíthatta. Ehhez járult még, hogy a monokultúra sikeresebb fenntartása érdekében rendszeresen tarló- és szalmaégetést végeztünk. Ebből adódóan csak a szem K-tartalma távozott a parcellákról, és így a K-mérleg erősen pozitív maradt a legnagyobb hozamú kezelésekben és években is. A K-felvételt meghaladó K-trágyázás hatása jelentkezett a talaj AL-oldható K-tartalmának lassú, de fokozatos növekedésében is az évek

8. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza fajlagos (1 t szem és a hozzátartozó szalma és pelyva) tápelemtartalmára (Nagyhörcsök, 1973—1980)

(1) P_2O_5 , kg/ha, 1972 őszi	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
	N, kg/t								
—	31,6	28,8	37,5	38,6	42,7	30,3	29,8	24,3	33,0
240	34,9	30,0	35,2	35,2	35,5	32,0	30,5	24,8	32,3
480	35,7	29,1	34,9	36,0	34,3	32,5	29,3	24,3	32,0
720	36,0	30,4	32,4	36,5	34,6	36,6	29,5	25,2	32,6
a) SzD _{5%}	2,2	1,4	1,4	1,6	3,6	2,7	1,3	0,7	0,8
Átlag	34,6	29,6	35,0	36,6	36,8	32,8	29,8	24,7	32,5
	P, kg/t								
—	3,6	3,0	3,9	4,4	4,7	3,3	3,3	2,9	3,6
240	4,1	3,8	4,6	4,3	4,0	3,7	3,3	3,2	3,9
480	4,5	3,9	5,1	4,9	4,5	4,0	3,5	3,2	4,2
720	4,4	4,1	4,7	5,1	4,2	4,6	3,7	3,3	4,3
SzD _{5%}	0,4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0,2
Átlag	4,2	3,7	4,6	4,7	4,4	3,9	3,4	3,1	4,0
Átlag (P_2O_5)	9,6	8,5	10,5	10,8	10,1	8,9	7,8	7,1	9,2
	K, kg/t								
—	11,5	12,3	14,4	21,1	15,4	13,1	9,9	10,7	13,6
240	11,3	12,6	12,5	22,1	12,1	14,8	10,1	10,7	13,3
480	12,0	12,7	14,0	21,2	12,0	14,8	9,7	10,3	13,3
720	12,5	13,7	13,4	20,5	11,2	16,2	9,8	10,8	13,5
SzD _{5%}	1,3	0,5	0,7	1,7	1,7	2,0	0,5	1,1	0,5
Átlag	11,8	12,8	13,6	21,2	12,7	14,7	9,9	10,6	13,4
Átlag (K_2O)	14,2	15,4	16,4	25,5	15,3	17,7	11,9	12,8	16,1

9. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása a parcellák aratás utáni P-mérlegegyenlegére
(Nagyhörcsök, 1973—1980)

(1) Adag, kg/ha, 1972 őszen	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
P	P, kg/ha								
—	–11	–25	–29	–36	–46	–56	–61	–72	–42
17	6	–10	–19	–26	–37	–49	–54	–65	–32
35	23	6	–4	–12	–22	–35	–40	–51	–17
52	41	20	8	–1	–11	–25	–29	–41	–5
105	93	73	58	46	33	16	11	–4	41
157	145	125	110	95	82	63	56	41	90
209	197	176	160	143	128	108	101	86	137
262	250	230	214	198	182	163	155	136	191
314	303	282	266	249	234	214	206	188	243
Átlag	116	97	85	73	60	44	38	24	67
P₂O₅	P₂O₅, kg/ha								
—	–25	–57	–66	–82	–105	–128	–140	–165	–96
40	14	–23	–44	–60	–85	–112	–124	–149	–73
80	53	14	–9	–27	–50	–80	–92	–117	–39
120	94	46	18	–2	–25	–57	–66	–94	–11
240	213	167	133	105	76	37	25	–9	94
360	332	286	252	218	188	144	128	94	206
480	451	403	366	327	293	247	231	197	314
600	572	527	490	453	417	373	355	311	437
720	694	646	609	570	536	490	472	430	556
Átlag	266	222	195	167	137	101	87	55	154

folyamán. A kiinduláskori 120—140 ppm AL—K₂O-tartalom 8 év után 160—180 ppm értékre emelkedett.

A trágyázási szaktanácsadás egyik alappillére a tervezett termés tápelemigényének ismerete, ezért a kutatás fontos feladata a mindenkori köztermesztésben levő növényfajták fajlagos tápelemtartalmának vizsgálata [2, 5, 6, 10]. Kísérletünkben az őszi búza fajlagos tápelemtartalmának becslését arra is kiterjeszthetjük, hogy a talaj P-ellátottsága e fontos mutatókat mennyiben módosíthatja.

A 8. táblázat adataiból arra következtethetünk, hogy a búza fajlagos N-tartalma — azaz 1 t szem és a hozzátartozó melléktermék előállításához szükséges N-igénye — a 30 kg-ot is meghaladta a legtöbb vizsgált évben. A P-trágyázás hatására 1973-ban és 1978-ban nőtt, 1975—1977 között csökkent, míg a többi években bizonyíthatóan nem változott ez a mutató. A fajlagos P₂O₅-tartalom 7—11 kg között alakult az egyes években, és csaknem minden évben megbízhatóan nőtt a P-kínálattal. Ez a növekedés jelentős, átlagosan közel 20%-os. A foszforral jól ellátott talajon a növények több foszfort tartalmaznak (luxusfelvétel), ebből adódóan nőhet a fajlagos P-igényük.

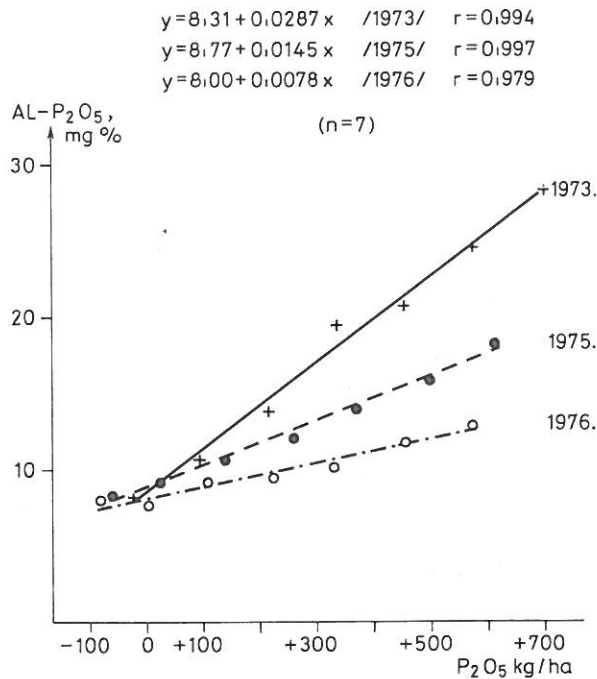
A búza fajlagos K-tartalmát sem befolyásolta egyértelműen a P-trágyázás. Az egyes évek között rendkívül nagyok voltak azonban az eltérések, még azonos fajtán

belül is. A 8 év átlagában kísérletünkben a fajlagos K_2O -tartalom mintegy 16 kg/t volt. A hazai szaktanácsadás búza esetében 27—11—18 kg N— P_2O_5 — K_2O fajlagos igénnyel számol [2], mely értékekhez meglehetősen közel állnak kísérleti adataink.

A kísérleti parcellák P-mérlegegyenlegét (a talajba adott és a terméssel kivont foszfor különbségét) a 9. táblázat mutatja. A kísérlet indulásakor trágyázással 720 kg/ha P_2O_5 -különbséget alakítottunk ki a kontroll- és a legnagyobb P-adagban részesült parcellák között. A javuló P-ellátással a termés és a felvett P mennyisége is évről évre meghaladta a kontrollét, csökkentve az induláskor kialakított P-mérlegkülönbségeket. Ennek következtében kísérletünk 8. évére mintegy 600 kg/ha P_2O_5 -ra szűkült a két parcella P-mérlegegyenlege közötti eltérés. A P-mérleg segítségével az adott évben összevethető a talajban maradt előregedő P-mútrágya és a friss P-mútrágyázás termésmenvelő hatása, egyenértékük becsülhető.

A mútrágya-P talajbani „előregedésének” vizsgálata

A régi és az új P egyenértékét a P-mérleg alapján egyaránt becsülhetjük a talajvizsgálati, valamint a termésadatokból. A talajvizsgálatok arról tájékoztatnak, hogy mútrágyázás hatására hogyan alakult a könnyen oldható P-tartalom az egyes parcellák talajában, és ezek az értékek mennyiben függenek a mútrágyázás idejétől.



3. ábra

A P-mérleg egyenlegei és az AL-oldható P_2O_5 -tartalom összefüggése. (Nagyhörcsök, 1973—1980). Vízszintes tengely: P-mérleg, P_2O_5 kg/ha. Függőleges tengely: AL— P_2O mg%

10. táblázat

A P-mérleg és az AL-oldható P-tartalom összefüggését leíró lineáris egyenletek ($y = a + bx$) paraméterei

(1) Évek	a	(2) $100 \cdot b^*$	(3) $100 \cdot b$ %-ban	(4) $\frac{1}{b}^{**}$	(5) r
1973	8,3	2,9	100	34	0,994
1974	7,7	1,5	52	67	0,947
1975	8,8	1,4	48	71	0,997
1976	8,0	0,8	28	125	0,979
1977	8,3	0,9	31	111	0,977
1978	9,9	0,8	28	125	0,993
1979	10,9	0,8	28	125	0,983
1980	9,8	0,8	28	125	0,997

* 100 kg/ha talajban maradt műtrágya- P_2O_5 által okozott AL- P_2O_5 mg % növekedés a talajban

** Az AL- P_2O_5 -tartalom 1 mg %-os növeléséhez szükséges műtrágya mennyisége, kg P_2O_5 /ha (feltöltés fajlagos műtrágyaigénye)

Amennyiben ugyanolyan P-mérlegegyenlegeknél az adott módszerrel meghatározott P-tartalom eltérő a trágyázás idejétől függően, — pl. csökkenő az évekkel — úgy feltehető, hogy a műtrágya-P kémiai előregedése nyomán egyre nehezebben felvehető, az adott módszerrel már ki nem mutatható frakciókba épült be a talajban.

A P-mérleg és az AL-oldható P-tartalom összefüggését a 3. ábrán, valamint az összefüggést leíró regressziók paramétereit a 10. táblázatban foglaltuk össze. Amint az ábráról kitűnik, ez az összefüggés lineáris jellegű. Egyes években, az években belül az összefüggés igen szoros volt, minden esetben 0,9 feletti r-értékkel. A táblázatban feltüntettük a $100 \cdot b$ értékeket is, melyek közvetlenül mutatják a 100 kg/ha műtrágya- P_2O_5 által okozott AL- P_2O_5 mg% növekedést a talajban. A talaj P-ellátottságának növeléséhez (feltöltéséhez) szükséges műtrágya mennyiségét az $1/b$ mutató tükrözi, értékei az 1 mg% AL-oldható P_2O_5 -tartalom növeléséhez szükséges műtrágyaigényt fejezik ki, kg/ha-ban.

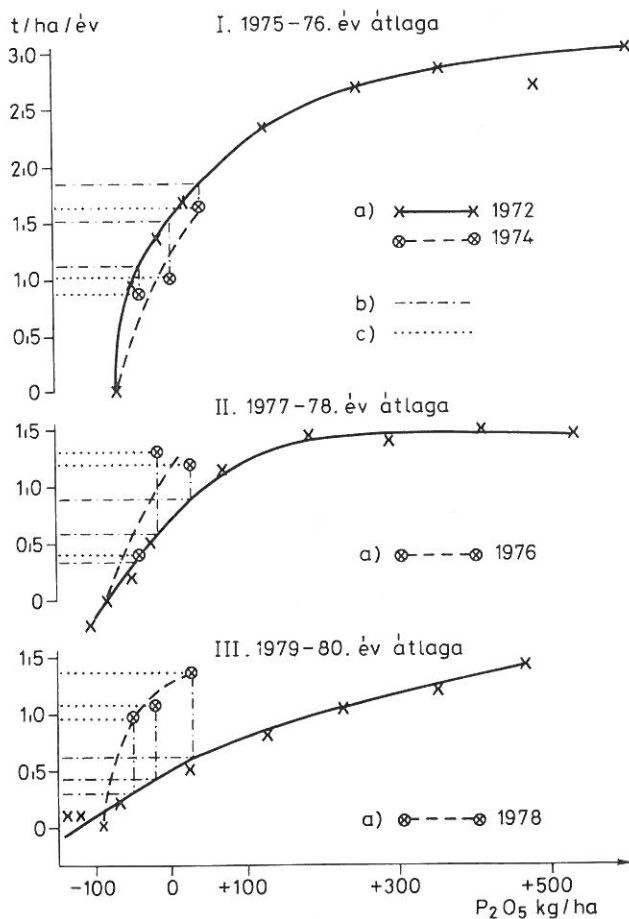
Az adatokból megállapítható, hogy a műtrágyázást követő első évben gyakorlatilag a műtrágya-P teljes mennyisége AL-oldható formában maradt. A 20—30 cm szántott rétegben átlagosan $1,5 \text{ kg/dm}^3$ térfogattömeggel számolva 30—40 kg/ha P_2O_5 -adaggal értünk el 1 mg% AL- P_2O_5 -tartalomnövekedést. A következő évben a talajban maradt műtrágya-P-nek mintegy fele, míg a későbbi években 1/3-a — 1/4-e mutatható ki AL-oldható formában. A kísérlet 4. és 8. éve között bizonyos egyensúly állt be, és az AL-oldhatóság alapján becsült megkötődés tovább már nem nőtt.

Tartamkísérleteinkben gyakran megfigyeljük, hogy a nem trágyázott parcellák könnyen oldható tápanyagtartalma kimutathatóan nem csökken, esetleg tendenciájában nőhet is az évekkel. Azon túlmenően, hogy beszélhetünk bizonyos évhatásról, az AL-oldható P- és K-tartalmak évenkénti, illetve szezonális változásáról, szórásáról, ugyanazon trágyázatlan talajon a tápanyagok mobilitását (adszorpcióját, deszorpcióját) befolyásoló tényezők (pl. a hőmérséklet, csapadékviszonyok stb.) hatására, a

növekedési tendenciát ez már nem magyarázhatja, csupán az egyes mintavételek közötti szórásokat.

Alaposan feltételezhető, hogy a kontrollparcellák talaja szennyeződik a szomszédos, tápanyagokban gazdag parcellákról szél, eső, művelési eszközök, emberek vagy állatok révén történő áthordás stb. útján.

A 4. ábrán a megbízhatóbb 2 évenkénti terméstöbbletek P-hatásgörbéire tesztelve kísérjük meg a régi és az új P hatékonyságát összevetni, azonos P-mérlegek alapján. Az ábrán felülről lefelé haladva, elsőként az 1. és 2. éves P-hatásokat hasonlítottuk össze a 3. és 4. éves P-hatások (2 éves átlagos szemterméstöbbletek) trendjével, az azonos, 1975. és 1976. években. Az 1977. és 1978. években kapott átlagos szemterméstöbbletek összegei lehetővé teszik az 1976-ban és a 4 évvel korábban, 1972-



4. ábra

A P-mérleg és a P-hatások összefüggése. 2 éves átlagos szemterméstöbblet. (Nagyhörcsök, 1975—1980). Vízszintes tengely: P-mérleg, P₂O₅ kg/ha. Függőleges tengely: szemterméstöbblet, t/ha/év. I. 1975—1976. év átlaga. II. 1977—1978. év átlaga. III. 1979—1980. év átlaga. a) P-trágyázás éve; b) régi P terméstöbblete; c) új P terméstöbblete

ben adott P hatékonyságának becslését. A 4. ábra alján az 1972 ősze óta talajban maradt P hatékonyságát tesztelhetjük a 6 évvel később, 1978-ban adotthoz viszonyítva.

Az ábrából kitűnik, hogy az első időben a régebben adott P hatása még nagyobb is lehet, mint a frissen adotté. A 3. és 4. éve talajban maradt P a műveléssel, talajkeveréssel jobban eloszlik a talajban, a növények gyökerei könnyebben elérhetik és így jobban is hasznosulhat, mint a frissen beszántott szemcsés szuperfoszfát. Korábbi kísérleteinkben e talajon hasonló eredményeket kaptunk [4, 11]. A talaj

11. táblázat

A talajban maradt régi P terméstöbbletben kifejezett utóhatása az új P-műtrágyázás átlagos hatására kapott szemterméstöbbletbe viszonyítva, a talaj azonos P-mérleg értékeinél (a 4. ábra alapján számolva) (Nagyhörcsök, 1975–1980)

(1) Új P	(2) Régi P	(3) Év	(4) Átlagos szemterméstöbblet			
			t/ha		%	
			Új P	Régi P	Új P	Régi P
hatása						
1–2. éves	3–4. éves	1975–76	1,18	1,49	100	126
1–2. éves	5–6. éves	1977–78	0,98	0,60	100	61
1–2. éves	7–8. éves	1979–80	1,14	0,42	100	37

Megjegyzés: A kísérlet felépítését lásd [7].

kolloidjain, a CaCO_3 felületén frissen kicsapott PO_4^{3-} -ionok ekkor még jól felvehető a növény számára, így hatékonyságukat feltehetően elsősorban eloszlásuk szabja meg. Mivel a P-vegyületek nem mozgékonyak a talajban, a szántott réteg talajtömegeit tekintve a műtrágyaszemcsék lokálisan helyezkednek el, és a növény gyökerei csak kisebb valószínűséggel találhatják meg őket. Az évenkénti többszöri műveléssel előálló talajkeverés magyarázatul szolgálhat e jelenségre.

Az évekkel azonban az új, a frissen adott P hatékonysága, fölénye egyre kifejezettebbé válik. A 11. táblázatban megkíséreltük az új és a talajban maradt „előregedő” P átlagos hatékonyságát összehasonlítani 80 kg/ha új P_2O_5 -adag alapján (40 + 80 + 120 kg adagok átlaghatásai). Az első 2 évben tehát a régi P még 26%-kal jobbnak mutatkozott az újnál. A 4 évvel idősebb P viszont már csak 60%-át, a 6 évvel idősebb P pedig mintegy 40%-át adta az újnak. Megállapíthatjuk, hogy a bemutatott 8 év nem elegendő ahhoz, hogy a P talajbani előregedését, értékcsökkenésének „felezési idejét” megbízhatóan megítéljük. Kétségtelen azonban, hogy a műtrágyával bevitt P e talajon is veszít értékéből, degradálódik, feltehetően 3–5 év alatt hatékonysága felére csökkenhet. Ebből adódóan hasonló talajokon a nagy termések eléréséhez és fenntartásához nemcsak arra van szükség, hogy a talaj P-ellátottságát a kielégítő tartományba emeljük, hanem ezen ellátottság fenntartása céljából, a terméssel kivont P egyszerű visszapótlásán túl mintegy 20–30% biztonsági igényt is figyelembe kell venni a talajban maradó P előregedése, hatékonyságának csökkenése miatt.

Fenológiai megfigyelések, levélanalízis

A műtrágyahatások figyelemmel kísérésére, illetve termésbecslésre felhasználtuk a tenésztidő folyamán végzett vizuális fenológiai megfigyeléseket is, melyek eredményeit a 12. táblázat tartalmazza. Az egyes bonitálások során (bokrosodás végén, kalászoláskor—virágzás elején és aratáskor) a kísérleten belül az adott időben legjobbnak ítélt növényállományú parcellákat 5-ös, a leggyengébbeket pedig 1-es értékszámmal jelöltük.

Bármennyire szubjektívnek és viszonylagosnak tűnik ez a módszer, amint a táblázatok adatai mutatják jól felhasználható az állomány jellemzésére, így a műtrágyahatások becslésére is. Előnye hogy gyors, nem igényel semmiféle költséges beavatkozást, eszközt. Az adatok statisztikai feldolgozása alapján megállapítható, hogy a bemutatott nagyszámú eredmény szórása, megbízhatósága, hibája szemmel láthatólag nem tér el lényegesen egyéb talaj- vagy növényvizsgálati jellemzőktől. A P-hatásokról, a termések várható alakulásáról minden évben jó prognózist adtak a bonitálás adatai. Amennyiben tehát valamilyen természeti katasztrófa miatti (jégverés, tűz stb.) vagy egyéb (állati, emberi) kártétel megakadályozná a betakarítást, a rendszeres bonitálások adatai segítségével a kísérlet eredménye, legalábbis relatív értelemben a trágyahatások, rekonstruálhatók. Hasonló segítséget nyújthat egyes parcellák kényszer kizárása esetén az adatok pótlásában is.

A tenésztidő során végzett fenológiai megfigyelések — a biológiai terméselemzés és a levélanalízis módszeréhez hasonlóan — segíthetnek a műtrágyahatások okainak felderítésében. Így pl. a 12. táblázatban jól nyomon követhető az a jelenség, mely a kísérlet első évében a Kiszombori fajta érésbeli megdőléséhez és ebből eredően terméscsökkenéséhez vezetett. A bonitálási értékek és a trágyahatások bokrosodás végén, virágzás elején még nőttek a talaj javuló P-ellátottságával. Aratás idejére a több mint 80 kg/ha P_2O_5 -adaggal kezelt parcellákon a megdőlés miatti terméscsökkenés jelenségére a bonitálási adatok is jól utalnak.

A 13. táblázatban a szárba indulás eleje fejlődési stádiumban levő őszi búza föld feletti légszáraz hozamát, tápelemtartalmát, valamint tápanyagfelvételét mutatjuk be. Ebben a fejlődési szakaszban, különösen a szárazabb 1976. évben, igen nagyok a P-hatások. A légszáraz hozam több mint 7-szeresére emelkedett a P-ral legjobban ellátott talajon, a kontrollhoz viszonyítva. Ebben a száraz évben a P-hatás a szemtermésben is kifejezett, a kontrollparcellák termését 100%-nak véve, a jól ellátotton 220—240% volt, több mint megkétszereződött. A kedvezőbb időjárású 1977-ben ugyanakkor a terméstöbblet mindössze 50—60%-os [7].

A táblázat adataiból az is megállapítható, hogy a P-ellátás javulásával nemcsak a hozam változott, hanem nőtt a N- és a P-koncentráció is növényben. A N/P arányok jól mutatják, hogy bár a %-os N-tartalom alacsonyabb a P-ral gyengén ellátott talajokon fejlődött növényekben, valójában a P-hoz viszonyított N túlsúlya itt a kifejezettebb. Amint már erre korábban, a növényanalízis-adatok értelmezésénél rámutattunk [5], önmagában egy elem %-os tartalma alapján nem ítéltető meg a növény ellátottsága, a tápelemarányok vizsgálata és értelmezése nélkül. A fiatal búza növény optimális N/P aránya 10 körülinek tekinthető mind saját, mind az irodalmi megfigyelések szerint [1]. A N/P arányok arra utalnak, hogy a szárazabb 1976. évben még az erősen P-trágyázott parcellák növényei is relatív P-hiányban szenvedtek a

szárba indulás kezdetén. Ugyanakkor az 1977. évi, hasonló fejlődési stádiumban levő növények P-ellátása viszonylag a normálshoz közeli volt, még a kontrollparcellákon is.

12. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása az őszi búza fejlődésére.* Fenológiai megfigyelések.
(Nagyhörcsök, 1973—1980)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 ősztől	(2) Kísérleti évek								(3) Átlag
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	
A. Bokrosodáskor									
—	1,8	2,5	1,3	1,3	2,0	1,3	1,3	2,0	1,7
40	3,4	2,9	2,1	2,3	1,7	2,3	1,7	1,7	2,3
80	3,5	3,5	1,8	2,2	2,6	2,2	2,3	1,7	2,5
120	4,3	4,4	2,5	2,7	2,7	2,8	3,2	2,5	3,1
240	4,7	4,6	3,4	3,2	3,8	3,1	3,3	3,0	3,6
360	4,8	4,9	3,2	4,0	4,2	3,4	3,8	3,5	4,0
480	4,9	4,9	3,3	4,4	4,4	3,6	4,2	3,6	4,2
600	4,9	5,0	3,6	4,6	4,7	4,3	4,3	4,2	4,4
720	4,8	5,0	3,6	4,9	4,7	4,8	4,8	4,8	4,7
a) SzD _{5%}	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,2
Átlag	4,1	4,2	2,7	3,3	3,4	3,1	3,2	3,0	3,4
B. Virágzáskor									
—	2,4	—	1,3	1,0	2,0	1,7	2,7	3,0	2,0
40	4,2	—	2,7	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	2,7
80	4,1	—	2,6	1,9	3,2	2,1	2,0	2,3	2,6
120	4,3	—	3,0	2,2	3,6	2,4	2,8	3,5	3,1
240	4,6	—	4,0	2,9	4,2	2,9	2,9	3,6	3,2
360	4,4	—	4,4	3,4	4,4	3,3	3,5	3,9	3,9
480	4,2	—	4,4	3,6	4,6	3,8	4,1	4,2	4,1
600	4,5	—	4,3	3,6	4,4	4,2	4,4	4,7	4,3
720	4,7	—	4,6	3,9	4,7	4,8	4,3	4,8	4,5
SzD _{5%}	0,7	—	0,6	0,5	0,5	0,8	0,6	0,6	0,3
Átlag	4,2	—	3,5	2,7	3,7	3,1	3,3	3,6	3,4
C. Aratáskor									
—	2,8	1,9	1,3	1,0	2,7	3,0	2,0	2,3	2,1
40	3,9	2,6	3,4	2,1	2,3	3,0	2,0	2,7	2,8
80	4,2	2,9	3,8	2,6	3,1	3,2	1,3	2,7	3,0
120	3,7	3,1	4,4	2,7	3,6	3,9	2,2	3,4	3,4
240	3,2	3,8	4,9	3,8	4,2	4,4	2,4	3,8	3,8
360	3,0	4,2	5,0	4,2	4,4	4,4	2,6	4,0	4,0
480	2,9	4,4	4,9	4,6	4,2	4,8	3,6	4,4	4,2
600	3,0	4,6	5,0	4,9	4,4	4,7	4,2	4,7	4,4
720	2,7	4,6	5,0	5,0	4,4	4,8	4,5	4,8	4,5
SzD _{5%}	0,8	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,8	0,3
Átlag	3,3	3,6	4,2	3,5	3,7	4,1	2,9	3,7	3,6

* Bonitálási skála: 1: gyengén fejlett állomány; 5: legjobban fejlett állomány.

13. táblázat

A P-műtrágyázás utóhatása a szárba indulás elejei őszi búza légszáráz hozamára és tápanyagtartalmára (Nagyhörcsök, 1976—1977)

(1) P ₂ O ₅ , kg/ha, 1972 őszen	(2) Légszáráz hozam, t/ha	N	P	K	N/P	N/K	K/P	(3)		
		%						N	P	K
								felvétel, kg/ha		
1976. április 23.										
—	0,22	3,94	0,25	3,34	15,8	1,2	13,4	8,7	0,6	7,3
40	0,72	4,10	0,28	3,49	14,8	1,2	12,6	29,5	2,0	25,1
80	0,72	4,09	0,27	3,36	15,0	1,2	12,4	29,4	1,9	24,2
120	1,05	4,12	0,28	3,48	14,6	1,2	12,3	43,3	2,9	36,5
240	1,12	4,12	0,28	3,42	14,6	1,2	12,1	46,1	3,1	38,3
360	1,28	4,07	0,29	3,35	14,0	1,2	11,6	52,1	3,7	42,9
480	1,54	4,09	0,30	3,22	13,7	1,2	10,8	63,0	4,6	49,6
600	1,50	4,22	0,32	3,20	13,3	1,4	10,1	63,3	4,8	48,0
720	1,61	4,20	0,32	3,03	13,2	1,4	9,6	67,6	5,2	48,8
a) SzD _{5%}	0,49	0,14	0,02	0,19	0,7	0,1	0,9	20,8	1,6	17,0
b) Átlag	1,09	4,10	0,29	3,32	14,4	1,2	11,7	44,8	3,2	35,6
1977. április 26.										
—	1,80	3,24	0,27	2,74	12,0	1,2	10,1	58,3	4,9	49,3
40	1,68	3,40	0,30	2,93	11,3	1,2	9,8	57,1	5,0	49,2
80	1,82	3,40	0,30	2,86	11,3	1,2	9,5	61,9	5,5	52,0
120	1,78	3,36	0,28	2,76	11,8	1,2	9,7	59,8	5,0	49,1
240	2,00	3,35	0,31	2,79	10,9	1,2	9,0	67,0	6,2	55,8
360	2,02	3,52	0,34	2,80	10,4	1,3	8,2	71,1	6,9	56,6
480	2,18	3,50	0,34	2,70	10,3	1,3	8,0	76,3	7,4	58,9
600	2,40	3,48	0,35	2,72	10,0	1,3	7,8	83,5	8,4	65,3
720	2,56	3,42	0,35	2,73	9,9	1,2	7,8	87,6	9,0	69,9
SzD _{5%}	0,25	0,19	0,02	0,12	0,9	0,2	0,6	10,0	1,0	8,2
Átlag	2,03	3,41	0,32	2,78	10,8	1,2	8,9	69,2	6,5	56,2

A tápelemfelvételi adatok méginkább aláhúzzák, hogy a fiatal növények mennyire igénylik a talaj megfelelő tápanyag-ellátottságát. Szárazabb években a P-ral rosszul ellátott talajon fejlődő búza ebben a korban nem képes kielégíteni P-igényét, felhalmozni a tápanyagokat a későbbi gyors fejlődés, szárazanyag-felhalmozás (szárba szökés) számára, és ez terméscsökkenéshez vezethet. 1977-ben a nem trágyázott talaj P-szolgáltatása is többé-kevésbé kielégítőnek mutatkozott, a tápanyagfelvétel a jól ellátott talajokon kb. 1,5—2-szeresen haladta meg a kontrollparcellán mért értéket, 1976-ban viszont 6—8-szor nagyobb volt. Igaz ugyan, hogy a vizsgált két évben a fajták nem voltak azonosak, de az évjárat fentebb említett tápanyagfelvételt módosító hatása elsősorban nem a növényfajta függvénye. Amint ismeretes, nedves években a talaj P-formái jobban oldódnak, és így a P-trágya hatásai kevésbé jelentkeznek, mint száraz-években [1].

Összefoglalás

Mészlepedékes csernozjom talajon, ősibúza-monokultúrában 1973—1980 között vizsgáltuk a P-műtrágya hatékonyságának alakulását az adag, valamint az idő függvényében. A melléktermékek hozamának, a fő- és melléktermékek tápelemtartalmának, valamint -felvételének változását tanulmányoztuk. Figyelemmel kísértük a P-mérleg alakulását, és elemeztük a műtrágya-P talajbani értékcsökkenését. Bemutattuk továbbá a biológiai terméselemzés, a fenológiai megfigyelések, bonitálások eredményeit és használhatóságukat a trágyahatások jellemzésére. Két évben vizsgáltuk a szárba indulás elejei őszi búza tápláltsági állapotát és tápelemfelvételét is, felhasználva a diagnosztikai célú növényanalízis módszerét. Főbb megállapításainkat az alábbiakban foglaljuk össze:

A kumulatív szemterméstöbbletek nőttek a P-adaggal, különösen a kísérlet későbbi éveiben, amikor a kis adagú P-trágyázás utóhatása erősen lecsökkent vagy el is maradt. A talaj P-ellátottságát egy vagy két kategóriával növelő nagyobb P-adagok utóhatása azonban alig csökkent a vizsgált 8 év alatt, a két 4—4 éves ciklus átlagában.

A legnagyobb fajlagos szemterméstöbbleteket a legkisebb (40 kg/ha) adagnál kaptuk, kereken 86 kg-ot 1 kg P_2O_5 felhasználására a 8 év alatt. Míg azonban a kisebb P-adagokhoz tartozó fajlagos szemterméstöbbletek görbéi a kísérlet 4., 6. éveit követően erősen ellaposodtak, addig a nagyobb P-adagoknál ez a tendencia kevésbé jelentkezett. Agronómiai szempontból nem lehet célunk a műtrágya-P minél teljesebb hasznosulására törekedni P-ral gyengén ellátott talajon, kis termések árán. A P-ral jobban ellátott talajokon a mérlegben alapuló (a termés P-tartalmát visszatérítő) trágyázás biztosíthatja a magas termésszintek megőrzését. A talajban akkumulált műtrágya-P nem víz el teljesen a növény számára, a fajlagos hatékonyság további javulásával számolhatunk az utóhatások révén.

A P-trágyázás hatására általában nőtt mind a szem, mind a szalma és a pelyva P-tartalma. A P-ral jól ellátott talajon 8 év átlagában a kalásonkénti szemszám és szemtömeg mintegy 1/4-ével—1/3-ával, az ezerszemtömeg viszont mérsékeltebben növekedett a kontrollhoz képest. A nagyobb termések eléréséhez m^2 -enként legalább 500 kalász, ill. 11—15 ezer szemszám szükséges.

A búza föld feletti termésével felvett N és P közel 2/3-a a szemben akkumulálódott, míg a K 70%-át a szalma és a pelyva tartalmazta. A talaj P-ellátottságának javulásával nagyobb mértékben növekedett a felvett P-mennyisége (80%), mint a nitrogéné (55%), vagy a termésé (47%) a kontrollhoz viszonyítva. Az 1 t búzaszem és a hozzátartozó melléktermék (szalma, pelyva) előállításához a 8 év átlagában 32 kg N, 10 kg P_2O_5 és 16 kg K_2O tápelemt igényelt a növény. A P-ral jobban ellátott parcellákon a P-felvétel mintegy 20%-kal emelkedett átlagosan.

Az 1972 őszen adott 9 „rég” P-műtrágyaadag (0—720 kg/ha P_2O_5) utóhatását az 1974, 1976 és 1978 őszen kijuttatott 4 friss P-műtrágyaadag (0—120 kg/ha) első két éves hatásaival teszteltük (4. ábra, 11. táblázat). A már friss P-műtrágyázásban részesült „rég” P-kezelések utóhatását a friss P-kontrollparcellákon kaptuk meg. Az adott évben a különböző korú P-műtrágyázások termésnövelő hatását, illetve utóhatását a talajban maradt, terméssel fel nem vett részük, azaz a P-mérleggyenlegük alapján hasonlítottuk össze. Az első 2 évben a „rég” P még átlag 26%-kal jobbnak mutatkozott a frissnél. A 4 évvel tovább talajban maradt P utóhatása a friss P

hatásának már csak 60%-át, a 6 évvel tovább ott maradt pedig mintegy 40%-át érte csak el.

További vizsgálatok és hosszabb időtartam szükséges ahhoz, hogy a talajban maradó műtrágya-P előregedését, hatékonyságának csökkenését megbízhatóbban megítélhessük.

Az első 1—2 évben feltehetően abból adódóan kevésbé hatékony a P-műtrágyázás, mert a trágyaszemcsék, granulátumok eloszlása egyenetlen a talajban, és a növény gyökerei számára kevésbé elérhetőek.

A szárba indulás elején végzett növényanalízis hasznos segítséget adhat a növény tápláltsági állapotának megítéléséhez. A tenyészidő folyamán végzett fenológiai megfigyelések kielégítően előrejelezték a trágyahatásokat.

Irodalom

- [1] BERGMANN, W. & NEUBERT, P.: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB. Gustav Fischer. Jena. 1976.
- [2] DEBRECZENI B.: Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1979.
- [3] HEYLAND, K. U.: Über die Bedeutung der Ernährung in verschiedenen Entwicklungsstadien für den Ertrag der Sommergerste. Z. Acker. u. Pflanzenbau. **113**, 41—65. 1961.
- [4] KÁDÁR I.: Összefüggések a talaj termékenysége és tápanyagellátottsága között. Kandidátusi értekezés. MTA TAKI. 1978.
- [5] KÁDÁR I.: Növényanalízis jelentősége a műtrágyaigény pontosításában. Tudomány és Mezőgazdaság. **18**, (5) 15—21. 1980.
- [6] KÁDÁR I. & DEBRECZENI B.: KGST együttműködés az agrokémiai kutatásokban és a 2000-ig szóló távlati műtrágyaigény prognózisa. Agrokémia és Talajtan. **32**, 277—280. 1983.
- [7] KÁDÁR I., CSATHÓ P. & SARKADI J.: A szuperfoszfát tartamhatásának vizsgálata őszi búzamonokultúrában. I. Talajvizsgálati és szemterméseredmények. Agrokémia és Talajtan. **33**, 375—390. 1984.
- [8] LÁSZTITY B. & KÁDÁR I.: Az őszi búza szárazanyag-felhalmozásának, valamint tápanyagfelvételének tanulmányozása szabadföldi kísérletben. Agrokémia és Talajtan. **27**, 429—444. 1978.
- [9] MENGEL K.: A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1976.
- [10] SARKADI J.: A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1975.
- [11] SARKADI, J. & KÁDÁR, I.: The interaction between phosphorus fertilizer residues and fresh phosphate dressings in a chernozem soil. Agrokémia és Talajtan. **23**, Suppl. 93—100. 1974.
- [12] SVÁB J.: Új terméselemzési módszer a növényfajták fejlődésének jellemzésére. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **19**, 253—261. 1961.

Érkezett: 1984. március 2.

The Long-Term Effects of Superphosphate in Winter Wheat Monoculture II. Studies on Specific Effectiveness, Nutrient Content, Nutrient Uptake and Residual P Effects; Phenological Observations

I. KÁDÁR and P. CSATHÓ

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

Summary

The changes in the effectiveness of superphosphate as affected by the application rate and time were studied on a calcareous chernozem soil between 1973—1980. The changes in the nutrient content and nutrient uptake of grain and by-products (straw and chaff) were also determined, and the biological analysis of the yield was carried out, too. On the basis of the P balance of the experimental plots, the effectiveness of "old" P remaining in the soil was compared to that of "fresh" P.

Cumulative grain yield surplus increased with the P rate, especially in the latter years of the experiment, when the residual effect of low P rates decreased markedly, or could not be observed any more. The residual effect of high P rates (which had raised the P supply of the soil into higher categories) hardly decreased at all during the 8 years of the experiment, on the average of the 2 four-year-cycles.

The highest specific grain yield increases were obtained with the lowest rate (40 kg P_2O_5 /ha); the eight-year total amounted to 86 kg/1 kg P_2O_5 . While, however, the graphs of specific grain yield increases belonging to the lower P rates practically stopped rising after the 4th or 6th year of the experiment, in the case of the higher P rates they continued to rise. Fertilizer-P accumulated in the soil is not completely lost for plants, its specific effectiveness will improve further through the residual effects.

P application usually increased the P content in both the grain and the by-products (straw and chaff). On plots well supplied with P, however, the number of grains per ear and the grain weight per ear increased by 1/4 and 1/3, respectively, on the 8-year average, as compared to the control, but the 1000-grain weight increased only to a smaller degree. At least 500 ears/m² or about 11—15 000 grains/m² are needed to obtain higher yields.

As regards the distribution of NPK taken up by the above-ground parts of wheat, approximately 2/3 of N and P accumulated in the grain, while 70% of K was found in the straw and chaff. If the P supply of the soil increased, the amount of P taken up by the above-ground parts (80%) increased more, as compared to the control, than that of N (55%), or the grain yield (47%). On the average of 8 years, the plants required 32 kg N, 10 kg P_2O_5 and 16 kg K_2O for the production of 1 t of grain plus its by-products, straw and chaff. On plots well-supplied with P, P uptake increased by 20% on the average.

The residual effects of 9 "old" P doses (0—720 kg P_2O_5 /ha) applied in the fall of 1972 were compared to the first 2-year effects of 4 "fresh" P doses (0—120 kg P_2O_5 /ha) applied in the fall in 1974, 1976 and 1978 (Fig. 4 and Table 11). The residual effects of "old" P doses could be determined on the control plots of "fresh" P treatments. In a given year the yield increasing effects and residual effects of subsequent P treatments were compared on the basis of the P balance.

In the first 2 years "old" P doses were more effective (by 26%) than "fresh" P treatments, while the residual effects of 4-year old and 6-year old P amounted only to 60% and 40%, respectively, of the effect of "fresh" P. Further trials lasting for a longer period are needed to judge more precisely the eventual recovery of P remaining in the soil.

The lower effectiveness of P treatments in the first and second years of application is probably due to the uneven distribution of P_2O_5 granules in the soil, which renders P uptake by the plant roots more difficult.

Plant analyses carried out at the beginning of shooting give a good indication of the nutritional status of the plants. Fertilizer effects could be predicted sufficiently well on the basis of phenological observations made at various stages of the growing season.

Table 1. Residual effects of P treatments on the grain yield on a calcareous chernozem soil (Nagyhörcsök, 1973—1980). (1) P_2O_5 , kg/ha, applied in the fall of 1972. a) C. D. values at 5%. (2) Experimental years. év = year. A. Grain yield increase, t/ha. B. Grain yield increase, kg/1 kg P_2O_5 .

Table 2. The air dry straw, chaff and total above-ground yields of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. (1) P_2O_5 , kg/ha, applied in the fall of 1972. a) C. D. values at 5%. (2) Experimental years. (3) Average. (4) Total. A. Straw, t/ha. B. Chaff, t/ha. C. Grain + straw + chaff, t/ha. D. Grain + straw + chaff, %.

Table 3. The ratio of main product to by-products of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. For (1)—(3) see Table 2. A. Straw/grain. B. Chaff/grain. C. Straw + chaff/grain.

Table 4. The percental NPK contents of the air dry yield of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. For (1)—(3) see Table 2. A. Grain. B. Straw. C. Chaff. D. On the average of P treatments.

Table 5. The nutrient ratios of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. D. Average N/K ratios. For other signs see Table 4.

Table 6. The yield components of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. For (1)—(3) see Table 2. A. Number of grains per ear. B. Grain weight, g/ear. C. 1000-grain weight, g. D. Number of ears/m². E. Number of grains, 1000/m².

Table 7. The nutrient uptake of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. D. Total yield. E. Average K uptake, K kg/ha. For other signs see Table 4.

Table 8. The specific nutrient content of winter wheat (1 t of grain plus straw and chaff) as affected by the residual effects of P treatments. For (1)—(3) see Table 2.

Table 9. The after-harvest P balance of the plots as affected by the residual effects of P treatments. (1) Dose, kg/ha, applied in the fall of 1972. For other signs see Table 2.

Table 10. Parameters of the linear equations ($a + bx$) describing the correlation between the P balance and the AL-soluble P content. (1) Years. (2) Increase in the soil's AL- P_2O_5 content (mg %) due to 100 kg P_2O_5 /ha remaining in the soil. (3) $100 \cdot b$ in%. (4) Amount of fertilizer (kg P_2O_5 /ha) needed to raise the soil's AL- P_2O_5 content by 1 mg % (specific nutrient requirement). (5) Correlation coefficient. (AL = ammonium lactate)

Table 11. The residual effect of "old" P expressed in grain yield surplus as compared to the average yield increasing effect of "fresh" P treatments, at identical P balances of the soils. (Calculated on the basis of Fig. 4.) (1) Effect of "fresh" P. (2) Effect of "old" P. éves = year old. (3) Year. (4) Average grain yield increase. Remark: the set-up of the experiment is described in [7].

Table 12. The growth of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. Phenological observations. For (1)—(3) see Table 2. *Bonity scale: 1: poorly developed plants; 5: best stand of plants. A. At tillering. B. At flowering. C. At harvest.

Table 13. The air dry yield and the nutrient content of winter wheat at the beginning of shooting as affected by the residual effects of P treatments. (1) P_2O_5 kg/ha, applied in the fall of 1972. a) C. D. values at 5%; b) average. (2) Air dry yield, t/ha. (3) N, P and K uptakes, kg/ha.

Fig. 1. The development of winter wheat on a calcareous chernozem soil as affected by the residual effects of P treatments, on the average of 8 years (Nagyhörcsök, 1973—1980.) Vertical axis: growth, %. a) shoots/m²; b) number of ears/m²; c) number of grains/m²; d) grain weight/m².

Fig. 2. The P uptake of the above-ground part of winter wheat as affected by the residual effects of P treatments. Cumulated effects. Horizontal axis: Number of years. Vertical axis: Surplus P uptake, kg/ha (above-ground part of the plant).

Fig. 3. Correlation between the soil's P balance and the AL-soluble P_2O_5 content. Horizontal axis: P balance, P_2O_5 kg/ha. Vertical axis: AL- P_2O_5 , mg %.

Fig. 4. Relationship between the P balance and the P effects. Average 2-year grain yield increase. Horizontal axis: P balance, P_2O_5 kg/ha. Vertical axis: Grain yield increase, t/ha/year. I. Average of 1975—1976. II. Average of 1977—1978. III. Average of 1979—1980. a) year of P application; b) yield increase resulting from "old" P treatments; c) yield increase resulting from "fresh" P treatments.

Untersuchung der Dauerwirkung von Superphosphat in Winterweizen-Monokulturen

II. Spezifische Wirksamkeit, Nährstoffgehalt und -aufnahme, Untersuchung der Alterung von P, phenologische Beobachtungen

I. KÁDÁR und P. CSATHÓ

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

In den Jahren 1973—1980 wurde auf einem Tschernosemboden mit Kalkhüllen die Gestaltung der Wirkung des P-Mineraldüngers in der Funktion der Düngergabe und der Zeit untersucht. Es wurde die Änderung des Nährstoffgehaltes und der Nährstoffaufnahme bei den Haupt- und Nebenprodukten analysiert und auch die biologische Ertragsanalyse durchgeführt. Aufgrund der P-Bilanzen der einzelnen Parzellen wurde die Wirksamkeit der im Boden verbliebenen "alten" und der frischen P-Düngung miteinander verglichen.

Die kumulativen Kornmehrerträge haben mit dem Anstieg der P-Gaben zugenommen, besonders in den späteren Versuchsjahren, als die Nachwirkung der mit geringen P-Gaben durchgeführten P-Düngung stark zurückgegangen war, oder sogar ganz wegblieb. Die Nachwirkung der grösseren P-Gaben, die den P-Versorgungsgrad des Bodens um 1 bis 2 Kategorien erhöhten, hat aber während der 8 Versuchsjahre im Durchschnitt der zwei, je 4-jährigen Zyklen, kaum abgenommen.

Den grössten spezifischen Mehrertrag erhielten wir bei der kleinsten (40 kg/ha) Gabe: rund 86 kg bei Anwendung von 1 kg P_2O_5 während der 8 Versuchsjahre. Während aber die Kurven der spezifischen Kornmehrerträge der niedrigeren P-Gaben nach dem 4., bzw. 6. Versuchsjahr nicht mehr wesentlich anstiegen, war bei den grösseren P-Gaben eine weitere Zunahme festzustellen. Der im Boden akkumulierte P-Mineraldünger geht für die Pflanzen nicht gänzlich verloren, man kann auf weitere Verbesserung der spezifischen Wirksamkeit infolge der Nachwirkungen rechnen.

Infolge der P-Düngung hat der P-Gehalt sowohl des Korns, wie des Stroh und der Spreu zugenommen. Auf dem mit P gut versorgten Boden hat im Durchschnitt der 8 Jahre die Anzahl und die Menge der Körner je Ähre um 1/4—1/3, das Tausendkorngewicht aber etwas mässiger zugenommen verglichen mit der Kontrolle. Um grössere Erträge zu erreichen sind pro m^2 wenigstens 500 Ähren, bzw. 11—15 000 Körner notwendig.

Nahezu 2/3 des in den oberirdischen Pflanzenteilen auffindbaren P- und N-Gehaltes akkumulierte in den Körnern, während das Stroh und die Spreu 70% des Kaliums enthielten. Bei Besserung der P-Versorgung des Bodens nahm — verglichen mit der Kontrolle — die mit den oberirdischen Pflanzenteilen aufgenommene P-Menge in stärkerem Masse zu (80%) als diejenige des Stickstoffes (55%), oder der Kornertrag (47%). Zur Produktion von 1 t Weizenkorn und den dazugehörigen Nebenprodukten (Stroh, Spreu) beanspruchten die Pflanzen 32 kg N, 10 kg P_2O_5 und 16 kg K_2O im Mittel von 8 Jahren. Auf den mit P besser versorgten Parzellen hat die P-Aufnahme durchschnittlich um ungefähr 20% zugenommen.

Die Nachwirkung der im Herbst 1972 gegebenen 9 „alten“ oder „früheren“ P-Gaben (0–720 kg/ha P_2O_5) wurde mit den Wirkungen der ersten 2 Jahre der im Herbst 1974, 1976 und 1978 gegebenen 4 frischen P-Düngergaben (0–120 kg/ha) getestet (Abb. 4., Tab. 11.). Die Nachwirkung der bereits mit „frischem“ P-Dünger versorgten „alten“ P-Düngungsvarianten erhielten wir auf den Kontroll-Parzellen der „frischen“ P-Düngung. Die ertragssteigernde Wirkung der mit P-Dünger zu verschiedenen Zeitpunkten versorgten Parzellen, bzw. die Nachwirkung des im Boden verbliebenen, vom Ertrag nicht verwendeten Teiles wurde aufgrund der P-Bilanz miteinander verglichen. In den ersten 2 Jahren erwies sich der „alte“ P um durchschnittlich 26% besser, als der „frische“ P. Die Nachwirkung des im Boden um weitere 4 Jahre verbliebenen P erreichte bloss 60%, derjenige des 6 Jahre dort verbliebenen P erreichte bloss nur mehr 40% der „frischen“ P-Düngung.

Weitere Untersuchungen und längere Perioden sind notwendig um die Alterung des im Boden verbliebenen P-Düngers, die Abnahme seiner Wirksamkeit zuverlässig festzustellen.

Es kann angenommen werden, dass die P-Düngung in den ersten zwei Jahren deshalb weniger wirksam ist, weil die Verteilung der Düngerkörnchen, der Granulate im Boden ungleich ist und die Wurzeln der Pflanzen diese daher nur schwer erreichen können.

Eine Pflanzenanalyse zu Beginn des Schossens könnte eine nützliche Hilfe in der Beurteilung des Zustandes der Pflanzen gewähren. Die im Laufe der Vegetationsperiode durchgeführten phenologischen Beobachtungen gaben eine zurfriedenstellende Prognose der Düngerwirkungen.

Tab. 1. Gestaltung der Nachwirkung von P-Mineraldünger (Tschernosemboden mit Kalkhüllen, Nagyhörscök, 1973–1980). (1) P_2O_5 , kg/ha, im Herbst 1972. a) $GD_{5\%}$. (2) Versuchsjahre. év = Jahr. A. Kornmehrertrag, t/ha. B. Kornmehrertrag je 1 kg P_2O_5 , kg.

Tab. 2. Nachwirkung der P-Düngung auf den gesamten oberirdischen Pflanzenertrag, sowie den lufttrockenen Stroh- und Spreuertrag des Winterweizens. (1) P_2O_5 , kg/ha, im Herbst 1972. a) $GD_{5\%}$. (2) Versuchsjahre. (3) Mittelwert. (4) Insgesamt. A. Stroh, t/ha. B. Spreu, t/ha. C. Körner + Stroh + Spreu, t/ha. D. Körner + Stroh + Spreu, %.

Tab. 3. Nachwirkung der P-Düngung auf das Verhältnis von Haupt- und Nebenprodukten beim Winterweizen. (1)–(3): s. Tab. 2. A. Stroh/Körner. B. Spreu/Körner. C. Stroh + Spreu/Körner.

Tab. 4. Nachwirkung der P-Düngung auf den P-, N- und K-Gehalt (in %) des lufttrockenen Winterweizenertes. (1)–(3): s. Tab. 2. A. Körner. B. Stroh. C. Spreu. D. Im Mittel der P-Düngungsvarianten.

Tab. 5. Nachwirkung der P-Düngung auf die Verhältniszahlen der Nährstoffe beim Winterweizen. D. Mittlere N/K-Verhältnisse. Die übrigen Bezeichnungen: s. Tab. 4.

Tab. 6. Nachwirkung der P-Düngung auf die einzelnen Faktoren des Winterweizenertes. (1)–(3): s. Tab. 2. A. Anzahl der Körner, Stück/Ähre. B. Menge der Körner, g/Ähre. C. Tausendkorngewicht, g. D. Anzahl der Ähren, Stück/m². E. Anzahl der Körner, 1000 Stück/m².

Tab. 7. Nachwirkung der P-Düngung auf die Nährstoffaufnahme von Winterweizen. D. Gesamter Ertrag. E. Mittlere K-Aufnahme, K kg/ha. Die übrigen Bezeichnungen: s. Tab. 4.

Tab. 8. Nachwirkung der P-Düngung auf den spezifischen Nährstoffgehalt von Winterweizen (für 1 t Körner und die dazugehörigen Nebenprodukte → Stroh + Spreu — berechnet). (1)–(3): s. Tab. 2.

Tab. 9. Nachwirkung der P-Düngung auf die nach der Ernte berechnete P-Bilanz der Parzellen. (1) Düngergabe, kg/ha, im Herbst 1972. Die übrigen Bezeichnungen: s. Tab. 2.

Tab. 10. Parameter der den Zusammenhang zwischen der P-Bilanz und dem AL-löslichen P-Gehalt des Bodens beschreibenden linearen Gleichungen ($y = a + bx$). (1) Jahre. (2) Anstieg des AL- P_2O_5 mg %-Wertes im Boden durch 100 kg/ha im Boden zurückgebliebenen Dünger- P_2O_5 . (3) $100 \cdot b$ in %. (4) Zum Anstieg des AL- P_2O_5 -Wertes um 1 mg % benötigte Mineraldüngermenge, kg P_2O_5 /ha (spezifischer Mineraldüngerbedarf zur Auffüllung des Bodens mit P). (5) Korrelationskoeffizient.

Tab. 11. Nachwirkung des im Boden verbliebenen „alten“ Phosphors in Kornmehrertrag angegeben und mit jenem, auf die durchschnittliche Einwirkung der „frischen“ P-Düngung erhaltenen Kornmehrertrag verglichen, bei gleichen Werten der P-Bilanz des Bodens (Nagy-hörsök, 1975—1980). (1) Wirkung des „frischen“ P. (2) Wirkung des „alten“ P. éves = Jahre alt. (3) Jahr. (4) Mittlerer Kornmehrertrag. Bemerkung: den Versuchsplan s. unter [7].

Tab. 12. Nachwirkung der P-Düngung auf die Entwicklung des Winterweizens. Phenologische Beobachtungen. (1)—(3): s. Tab. 2. *Bewertung beim Bonitieren: I: schwach entwickelt; 5: am besten entwickelt. A. Zur Zeit der Bestockung. B. Zur Zeit der Blüte. C. Zur Zeit der Ernte.

Tab. 13. Nachwirkung der P-Düngung auf den lufttrockenen Ertrag und den Nährstoffgehalt des Winterweizens zu Beginn des Schossens. (1) P_2O_5 , kg/ha, im Herbst 1972. a) $GD_{5\%}$; b) Mittelwert, (2) Lufttrockener Ertrag, t/ha. (3) N-, P-, K-Aufnahme, kg/ha.

Изучение последствий суперфосфата в монокультуре озимой пшеницы II. Удельная эффективность, содержание и усвоение питательных веществ, изучение старения фосфора, енологические наблюдения

И. КАДАР и П. ЧАТО

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

Резюме

В 1973—1980 гг. на мицелярном черноземе исследовали эффективность фосфорных минеральных удобрений в зависимости от дозы внесения и времени. Охарактеризовали усвоение и содержание питательных веществ в основных и побочных продуктах, биологически оценили урожай. На основе баланса фосфора почв делянок сравнили эффективность оставшегося в почве «старого» фосфора со свежеснесенным фосфорным удобрением.

Кумулятивные прибавки урожая зерна увеличивались по мере возрастания доз внесения фосфора, особенно в последующие годы опыта, когда последствие невысоких доз фосфора значительно снижалось или сходило на нет. За 8 лет опыта в среднем по двум четырехлетним циклам наблюдали только незначительное снижение последствий высоких доз фосфора, увеличивающих обеспеченность почв фосфором на одну или две градации.

Самая высокая удельная прибавка урожая зерна была получена на вариантах с внесением самых низких доз P, округленно 86 кг на 1 кг использованного P_2O_5 за восемь лет. После 4, 6 лет опыта удельные прибавки урожая зерна, относящиеся к невысоким дозам фосфора, значительно не увеличиваются, в то время, как у более высоких доз наблюдали их дальнейшее увеличение.

Накопившийся в почве фосфор минеральных удобрений не пропадает полностью для растений, можно через последствие рассчитывать на дальнейшее улучшение удельной эффективности.

Под влиянием внесения фосфорных минеральных удобрений содержание фосфора увеличилось как в зерне, так и в соломе и мякине. На почве хорошо обеспеченной фосфором, в среднем за 8 лет, количество и масса зерна в колосьях увеличились на 1/4—1/3 часть, увеличение веса тысячи зерен по сравнению с контролем проходило умеренно. Для получения более высоких урожаев необходимо, чтобы на 1 м² находилось, по крайней мере, 500 колосьев или 11—15 тысяч зерен.

Приблизительно 2/3-ти азота и фосфора, усвоенных надземной частью пшеницы, аккумулировались в зерне, 70% калия содержалось в соломе и мякине. По мере

улучшения обеспеченности почв фосфором, в значительной степени возросло количество фосфора (80%), азота (55%), усвоенных надземной частью растений, а также увеличился урожай зерна (47%) по сравнению с контролем. Для образования 1 т зерна, с относящимися к нему соломой и мякиной, растение в среднем за 8 лет требовало 32 кг азота, 10 кг P_2O_5 и 16 кг K_2O . На делянках лучше обеспеченных фосфором усвоение фосфора увеличилось в среднем на 20%.

Последствие 9 «старых» доз фосфорных минеральных удобрений (0—720 кг/га P_2O_5), внесенных осенью 1972 года, сравнили с эффективностью, проявившейся в первые два года, 4-х доз «свежих» Р-минеральных удобрений. (0—120 кг), внесенных осенью 1974, 1976 и 1978 гг. (Рис. 4, Табл. 11). Последствие на «старых» Р-вариантах, уже получивших «свежие» фосфорные минеральные удобрения, проявилось на «свежих» контрольных делянках. В определенный год действие и последствие доз более «старых» Р-минеральных удобрений сравнили на основе оставшегося в почве, не вынесенного урожая фосфора, т. е. по сольдо баланса фосфора.

В первые два года «старый» фосфор в среднем показал себя на 26% лучше «свежего». Последствие фосфора, находившегося в почве более 4-х лет, составило 60% от эффективности «свежего» фосфора, а находившегося в почве более 6-ти лет — всего 40%. Для достоверного определения снижения эффективности, «старения» остающихся в почве фосфорных минеральных удобрений требуются дальнейшие исследования и более продолжительный период наблюдений.

Недостаточная эффективность фосфорных минеральных удобрений в первые 1—2 года объясняется неравномерным распределением в почве частичек, гранул минеральных удобрений, что делает их менее доступными для корней растений.

Растительный анализ, сделанный в начале периода выхода в трубку, может оказать значительную помощь в установлении обеспеченности растений элементами питания. Фенологические наблюдения в продолжении всего периода вегетации удовлетворительно прогнозировали эффективность удобрений.

Табл. 1. Формирование последствия фосфорного минерального удобрения (мицелярный чернозем, Надхёрчок, 1973—1980). (1) P_2O_5 , кг/га, осенью 1972 г. (2) Год опыта. $\bar{e}v$ —год. А. Прибавка урожая зерна, т/га. В. Урожай зерна в кг, приходящийся на 1 кг P_2O_5 .

Табл. 2. Последствие фосфорных минеральных удобрений на вес воздушносухой массы соломы, мякины и всей надземной части озимой пшеницы. (1) P_2O_5 , кг/га, осенью 1972 г. а) $СНР_{5\%}$. (2) Годы опыта. (3) Среднее. (4) Всего. А. Солома, т/га. В. Мякина, т/га. С. Зерно + солома + мякина, т/га. Д. Зерно + солома + мякина, %.

Табл. 3. Влияние последствия фосфорных минеральных удобрений на соотношение основных и побочных продуктов озимой пшеницы. (1)—(3): смотри в таблице 2. А. Солома/зерно. В. Мякина/зерно. С. Солома + мякина/зерно.

Табл. 4. Влияние последствия внесения Р-удобрений на процентное содержание фосфора, азота и калия в воздушносухой массе озимой пшеницы. (1)—(3): смотри в таблице 2. А. Зерно. В. Солома. С. Мякина. Д. В среднем по Р-обработкам.

Табл. 5. Влияние последствия внесения Р-удобрений на соотношение питательных элементов в озимой пшенице. Д. В среднем соотношений азот/калий. Остальные обозначения смотри в таблице 4.

Табл. 6. Влияние последствия Р-минеральных удобрений на элементы урожая озимой пшеницы. (1)—(3): смотри в таблице 2. А. Количество зерна, шт/колос. В. Плотность зерна, г/колос. С. Вес тысячи зерен, г. Д. Количество колосьев, шт/м². Е. Количество зерен, 1000/м².

Табл. 7. Влияние последствия Р-минеральных удобрений на усвоение питательных элементов озимой пшеницей. (1)—(3): смотри в таблице 2. Д. Общий урожай. Е. Среднее усвоение калия, кг/га. Остальные обозначения смотри в табл. 4.

Табл. 8. Влияние последствия Р-минеральных удобрений на удельное содержание питательных элементов в озимой пшенице (1 т зерна и относящиеся к нему солома и мякина). (1)---(3): смотри в таблице 2.

Табл. 9. Влияние последствия Р-минеральных удобрений на сольдо баланса фосфора в почвах делянок после уборки урожая. (1) Доза, кг/га, осенью 1972 года. Остальные обозначения смотри в таблице 2.

Табл. 10. Параграфы линейных уравнений ($y = a + bx$), описывающих зависимость между Р-балансом и содержанием АЛ-растворимого фосфора. (1) Годы. (2) Увеличение содержания в почве АЛ- P_2O_5 в мг%, вызванное 100 кг/га оставшегося в почве Р-минерального удобрения. (3) $100 \cdot b\%$ -ах. (4) Количество P_2O_5 в кг/га, необходимое для увеличения содержания 1 мг % АЛ- P_2O_5 на 1 мг % (удельная потребность минерального удобрения для зафосфачивания). (5) Коэффициент корреляции.

Табл. 11. Влияние последствия старого, оставшегося в почве фосфора, выразившееся в прибавке урожая, по сравнению с прибавкой урожая зерна, полученной под средним влиянием внесения «свежих» фосфорных удобрений, при одинаковых значениях баланса-Р почв. (Рассчитано на основе рис. 4). (1) Влияние «свежего» фосфора. (2) Влияние «старого» фосфора. éves — число лет. (3) Год. (4) Средние прибавки урожая зерна. Примечание: смотри схему опыта [7].

Табл. 12. Влияние последствия Р-минеральных удобрений на развитие озимой пшеницы. Фенологические наблюдения. (1)---(3): смотри в табл. 2. * Шкала бонитации: 1: слабое развитие; 5: самые слаборазвитые посевы. А. В стадии кущения. В. В стадии цветения. С. В стадии уборки.

Табл. 13. Влияние последствия Р-минеральных удобрений на урожай воздушно-сухой массы и содержание питательных веществ в начале стадии выхода в трубку. (1) P_2O_5 , кг/га, осенью 1972 года. а) $СНР_{5\%}$; б) среднее. (2) Урожай воздушносухой массы, т/га. (3) Усвоение азота, фосфора и калия, кг/га.

Рис. 1. Влияние последствия фосфорных минеральных удобрений на ход развития озимой пшеницы (мицелярный чернозем, Надхёрчок, 1973—1980), в среднем за 8 лет. По вертикальной оси: рост, %. а) число проростков/м²; б) количество колосьев/м²; в) количество зерен/м²; д) вес зерен/м.

Рис. 2. Влияние последствия фосфорных минеральных удобрений на усвоение фосфора надземной частью озимой пшеницы. Кумулятивные влияния. По горизонтальной оси: число лет. По вертикальной оси: прибавочное усвоение фосфора, кг/га (надземная часть растений).

Рис. 3. Зависимость между сольдо Р-балансов и содержанием АЛ-растворимого P_2O_5 . По горизонтальной оси: Р-баланс, P_2O_5 кг/га. По вертикальной оси: АЛ- P_2O_5 , мг%.

Рис. 4. Зависимость между Р-балансом и эффективностью фосфорных удобрений. Средняя двухлетняя прибавка урожая зерна. По горизонтальной оси: Р-баланс, P_2O_5 кг/га. По вертикальной оси: прибавка урожая зерна, т/га/год. I. Среднее 1975—1976 г. II. Среднее 1977—1978 г. III. Среднее 1979—1980 г. а) Год внесения фосфорных минеральных удобрений; б) Прибавка урожая от «старого» фосфора; в) Прибавка урожая от «нового» фосфора.