

A foszformutrágázás hatása a búza termésére különböző P-ellátottságú meszes réti talajon

HARMATI ISTVÁN és GYURIS KÁLMÁN

Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság, Szeged

A búza termését a N-, P- és K-mutrágya közül – kevés kivételtől eltekintve – legjobban a nitrogén növeli. Ebből adódóan a figyelem is elsősorban a N-mutrágázásra koncentrálódik, míg a foszforra általában a szükségesnél jóval kisebb gondot fordítanak. A talajok termékenysége és a növények egészséges fejlődése pedig jelentősen függ a P-ellátás mértékétől is. Talajaink P-ellátottsága az elmúlt évtizedben a legtöbb helyen nagymértékben lecsökkent a csekély visszapótlás miatt. E helyzet idoszerűvé tette a gyenge P-ellátottságú talajok P-trágázásának vizsgálatát. Felvetődik, hogy a talaj P-ellátottságának „jó” szintre történő emelése nélkül az általában szokványos mennyiségű P-mutrágával (60–70 kg P₂O₅/ha) elérhető-e a jövedelmet nyújtó termésszint? P-trágázás nélkül, de megfelelő N-ellátással mekkora termések érhetők el növekvő P-ellátottságú talajon? E kérdéseket kívánjuk megválaszolni a következőkben ismertetésre kerülő eredményeinkkel.

A hazai kutatók többsége a P-trágázás fontosságát állapította meg, különösen meszes talajokon. DEBRECZENI és DVORACSEK (1989) 8 kísérleti hely átlagában 100 kg P₂O₅/ha adaggal érte el a megbízható legnagyobb búzatermést meszes talajokon, 183 mg/kg átlagos P₂O₅-tartalom mellett. HARMATI és SZEMES (1995), HARMATI (1987, 1991a,b, 1994) kísérleti eredményei szerint az erosen meszes réti talajokon a „jó” P-ellátottsági szint – a búza esetében – a 200 mg/kg körüli P₂O₅-tartalomnál van. E felett a P-trágázás általában már nem növeli megbízhatóan a termést.

A jó P-ellátottságú meszes réti talajokon 60–70 kg P₂O₅/ha adaggal lehet a pótlást és a kivonást egyensúlyban tartani. A jó PK-ellátottság növeli a talaj természetes N-szolgáltató képességét a mineralizáció fokozása révén. Mészlepedékes csernozjomon négyszakaszos vetésforgókban beállított tartamkísérletekben az évi 50 kg P₂O₅/ha a talaj fokozatosan javuló P-ellátottsága révén, rotációként egyre jobban növelte a búza termését (SARKADI et al., 1984). DEBRECZENI és DEBRECZENINÉ (1994) megállapítása szerint a dunai meszes öntéstalajon végzett 20 kísérlet átlagában – 200 kg N/ha alkalmazása mellett –

100 kg/ha P_2O_5 -ra volt szükség az optimális búzatermés eléréséhez. 150 kg P_2O_5 /ha hatására a 12. évre a talaj a „sok” kategória szintjére töltődött fel. GYURIS és BÓNA (2002) erosen P-szegény meszes réti talajon végzett kísérletében hektáronként 90 kg P_2O_5 + 90 kg K_2O alkalmazásával a búza termését mintegy megháromszorozta. A N-mutrágya a talaj kis P-tartalma miatt csak P-trágyával összekapcsoltan növelte a termést, de ekkor már nagymértékben. HARMATI és GYURIS (2002) megfigyelései szerint a P-mutrágázás a búza terméskomponenseinek értékét jelentősen megnövelte. HARMATI (1983) kísérleteivel megállapította, hogy jó PK-ellátással jelentősen növelhető a búzafajták tél és fagyállósága, amit – többek között – az erőteljesebb gyökérfejlődésnek tulajdonít.

Anyag és módszer

A Fülöpszállási Kísérleti Telep erosen meszes réti talaján folyó nutrágázási tartamkísérleteink egyikében, a 4 éven át növekvő mennyiségű P-trágyázásban (0, 30, 60, 90 kg P_2O_5 /ha) részesített parcellákat megfigyeztük és a következő években ezeknek csak az egyik felét trágyáztuk 70 kg P_2O_5 /ha adaggal. Így lehetőséget teremtettünk arra, hogy a 4 évi P-trágyázással kialakított növekvő P-ellátottságú parcellákon vizsgáljuk P-trágyázással (P_{70}) és anélkül (P_0) a búza termésének alakulását, az évek során változó P-tartalom mellett.

A kísérleti parcellák talajának szántott rétege (0–20 cm) – e kísérleti ciklus első évében – a következő AL-oldható P-t tartalmazta: 1. 123, 2. 138, 3. 158 és 4. 185 mg P_2O_5 /ha.

A parcellákat véletlen blokkban helyeztük el, 4 ismétlésben. E tartamkísérlet 5. évétől kezdve a növények a következő sorrendben követték egymást: olajlen elövetemény után búza, búza, majd kukorica, olajlen, végül búza, búza. Így módunk volt az olajlen és a búza elövetemény hatását is vizsgálni a búzára. A kísérlet e ciklusában csak a búzák részesültek P-trágyázásban, a parcellák egyik felében. Az egész kísérletet egységesen, évente $100+50 = 150$ kg/ha N-ben részesítettük, amely a természet 6 búzafajta N-igényét általában jól kielégítette.

A búza szemtermésének mérése mellett a parcellánként $1/4$ m²-rol vett „összesterzés” mintákból meghatároztuk a terméskomponensek és az „összesterzés” szem %-ának értékeit is.

A talaj P-tartalmának változásait minden évben aratás után, a parcellánként felvett átlagminták vizsgálatával állapítottuk meg.

A kísérlet talajának 35–40 cm vastagságú, erosen meszes humuszos szintje 4 % körüli humuszt tartalmazott, mely foszforban eredendően szegény, káliumban pedig jól ellátott volt. Arany-féle kötöttségi száma (K_A): 49–51. A humuszos réteg alatt a Duna–Tisza közére jellemzően éles átmenettel meglehetősen vízzáró Ca-MgCO₃-os akkumulációs szint következik, amely 110–120 cm mélységben talajvízzel telt homokba megy át.

Eredmények

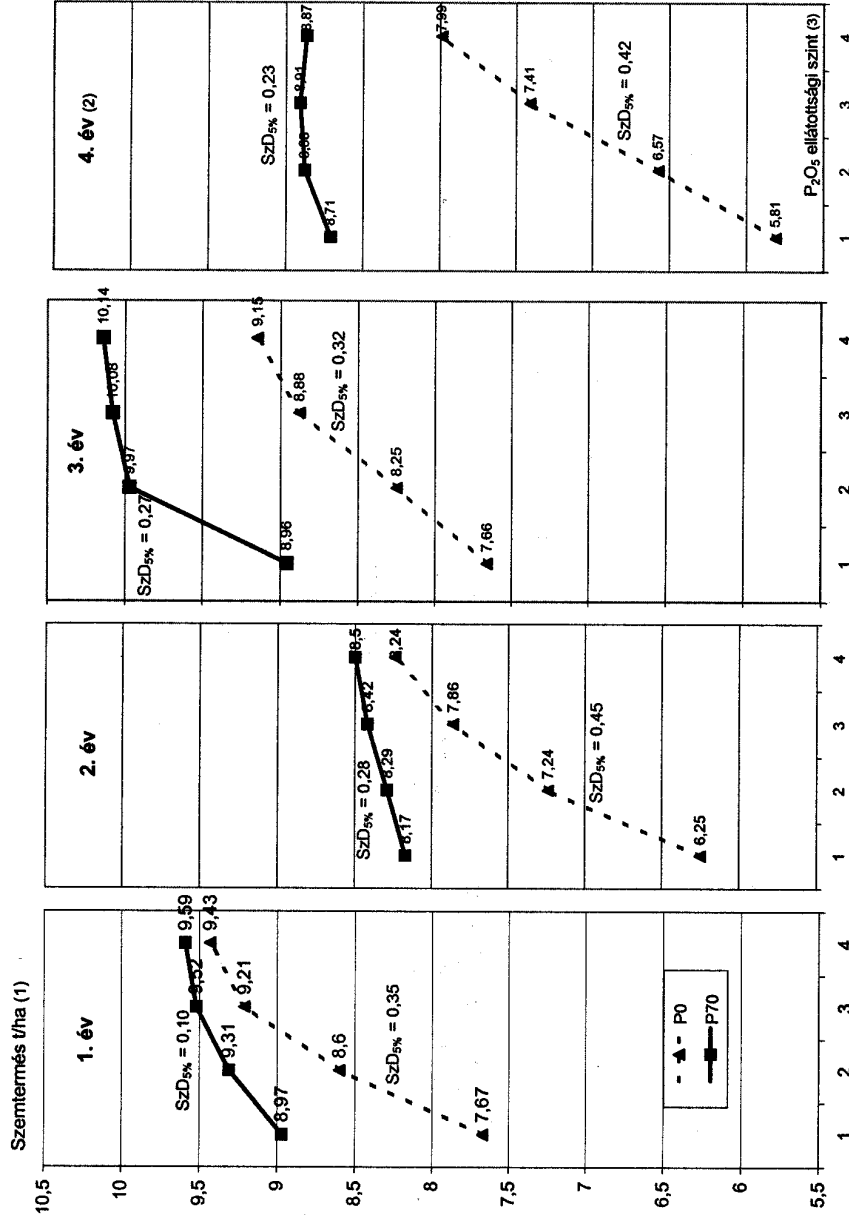
A búzatermések alakulása

Az évenként kapott szemterméseredmények – 6 fajta átlagában – az 1. ábrából ismerhetők meg. A *P-trágázásban nem részesített* (P_0) parcellák termését ezek talajainak AL-oldható P-tartalma döntően befolyásolta, ennek növekedésével együtt közel lineárisan növelte a termést. A kialakult terméstöbbletek a P-ellátottság javulásával fokozatosan csökkentek, de ez még a közepesnek mondható P-szinten is elég nagy és megbízható volt, jelezve azt, hogy a búza P-igényét ez nem elégítette ki teljesen. A terméstöbbletek mennyisége az évek során alig változott, annak ellenére, hogy a 3. és a 4. búzatermesztési évben a talaj P-szintjei és az ezek közötti különbségek már jelentősen lecsökkentek. Ez arra utal, hogy gyenge P-ellátottság esetén a kis P-különbségek is nagy befolyást gyakorolnak a termés mennyiségére.

A *70 kg P_2O_5 /ha adaggal történt trágázás* (P_{70}) hatására érhetően jóval nagyobb terméseket kaptunk, mint a P_0 -kezelésekkel (1. ábra). A P-trágázás már az első évben nagymértékben lecsökkentette a talaj növekvő AL-oldható P-tartalma okozta terméstöbbleteket és az ezek közötti különbségeket. Ezt jól mutatja a termésgörbe enyhe lapultsága is. A P-trágázás természetesen annál jobban növelte a termést minél gyengébb volt a talaj P-ellátottsága. Tehát azokon a területeken, ahol a talajok P-tartalma kicsi, igen nagy P-trágya hatásokra lehet számítani. Az első év után a P-trágázással kapott termésszintek egyre kevésbé függtek a talaj eredetileg erósen növekvő P-tartalmától. A 4. búzaévben már az 1. és a 4. P-ellátottsági szint termése között sem alakultak ki szignifikáns különbségek. Pedig ekkor még az 1. és a 2. P-ellátottsági szinten a talaj csak gyenge közepesnek és közepesnek mondható P-tartalommal rendelkezett. A 3. és a 4. P-ellátottsági szinten elértük – az adott körülmények között – a kísérlet legnagyobb terméseit. Ezekben a parcellákban a talaj P_2O_5 -tartalma 185–200 mg/kg volt, melyet a meszes réti talajokon – búza esetében – „jó” ellátottságnak tartunk.

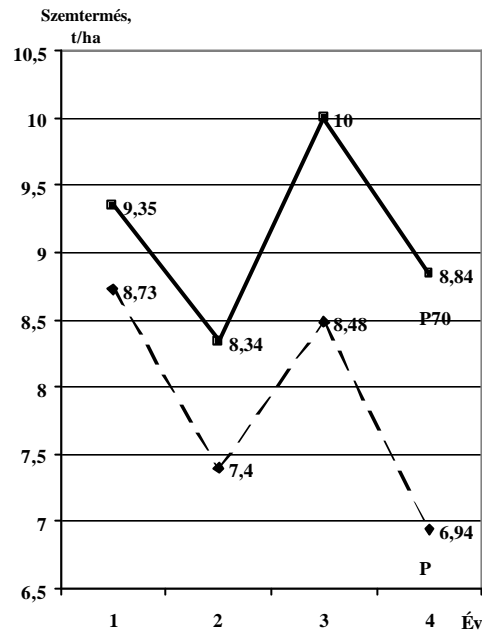
Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a frissen kiszórt mutrágya P-tartalmát a búza könnyebben veszi fel, mint a talaj meglévő oldható, a kalciumhoz kisebb-nagyobb mértékben kötődő foszforját. A kísérletben alkalmazott 70 kg P_2O_5 /ha adaggal még a közepesnek mondható P-ellátottságú talajon is elég jól ki lehetett elégíteni a búza P-igényét, és ezzel közelítőleg a jó P-ellátottságú szinten kapott termést értük el. A P_{70} - és a P_0 -kezelésű parcellák termése között az évek során egyre nagyobb különbségek alakultak ki, mivel a talaj P-ellátottsága az előbbieknél enyhén javult, míg az utóbbiaknál jelentősen csökkent.

Kísérletünk lehetőséget nyújt az *olajlen és a búza elovetemény hatásának* értékelésére is. E kísérlet terméseredményei alapján is megállapítható, hogy az olajlen kiemelkedően jó eloveteménye a búzának. Olajlen után (az 1. és a 3.



I. ábra
A talaj növekvő P-ellátottságának és a P-trágyázás hatása a búza szenttermésére (6 fajta átlagában)

búzatermesztési évben) sokkal nagyobb termést kaptunk (a kísérlet átlagában 1,26 t/ha-ral), mint a búza után (a 2. és a 4. évben) (2. ábra). A P_0 parcellákban annál nagyobb különbségek alakultak ki az olajlen és a búza elovetemény után kapott terméseknél, minél kisebb volt a talaj P-tartalma. A búza kedvezetlen



2. ábra

A P-trágyszás és az olajlen elovetemény hatás a a búza szemtermésére
(6 fajta és a 4 P-ellátottsági szint átlaga)

elovetemény hatását a talaj P-ellátottságának javulása csökkentette. Ez különösen kitunik a P-trágyszás esetében, ahol a P-ellátás általános javulásával az elovetemények közötti terméskülönbségek mérséklodtek. Ez is aláhúzza a jó P-ellátás fontosságát.

A különböző P-ellátottság a termés kialakítására gyakorolt hatásának jobb megismerését teszi lehetővé a búza terméskomponenseinek vizsgálata és eredményeinek értékelése. A rövidség érdekében csak a kísérletben szereplő 6 búzafajta 4 évi átlagadatait közöljük (1. táblázat). Ebből megállapítható, hogy a P-ellátottság mértékének fontos szerepe van a termésösszetevok értékeinek kialakításában is. A P_0 -kezelésű parcellákban a talaj P-ellátottságának javulásával párhuzamosan valamennyi terméskomponens értéke növekedett. A terméstebb-letet a kalászsám és a kalásonkénti szemtömeg együttes növekedése idézte elő. Fontos megjegyezni, hogy az ezerszemtömeg is nagyobb lett, ami különösen a vetomag-előállításnál elonyös.

A P_{70} -trágyázásban részesült parcellákban a talaj növekvő P-ellátottságának a terméskomponensekre gyakorolt pozitív hatását – az egyre javuló P-ellátás – jelentősen mérsékelte. A kalászonkénti szemtömeg és a szemszám értékeit nem befolyásolta, míg a m^2 -enkénti kalászszaámot csekély, az ezerszemtömeget pedig nagy arányban növelte. A P_0 - és P_{70} -kezelések átlagadatainak összehasonlításából kiderül, hogy a P_{70} -trágyázásban részesített búza valamennyi terméskompo-

1. táblázat

A P-ellátottság hatása a búza terméskomponenseire (6 fajta és 4 év átlaga)

(1) A talaj P_2O_5 - tartalma, mg/kg	(2) Kalászszaám, db/ m^2	(3) Szemtömeg, g/kalász	(4) Szemszám, db/kalász	(5) Ezerszem- tömeg, g	(6) Összes ter- més szem %- a
<i>A. Trágyázatlan (P_0)</i>					
119	579	1,19	29,6	40,1	44,0
126	598	1,26	30,2	40,6	44,9
140	626	1,30	31,1	41,3	45,2
162	644	1,33	31,8	41,8	45,5
a) SzD _{5%}	38	0,09	1,7	0,7	1,3
b) Átlag	612	1,27	30,7	40,9	44,9
<i>B. Trágyázás, 70 kg P_2O_5/ha (P_{70})</i>					
146	669	1,31	31,0	40,6	45,1
158	678	1,31	30,8	42,3	45,4
184	697	1,31	30,8	42,3	45,1
199	689	1,31	31,0	42,2	45,2
a) SzD _{5%}	34	n.sz.	n.sz.	n.sz.	n.sz.
b) Átlag	683	1,31	30,9	41,9	45,2

2. táblázat

Az elövetemény hatása a búza terméskomponenseire
(6 fajta, 4 év és 4 P-ellátottsági szint átlaga)

(1) Elo- vetemény	(2) Kalászszaám, db/ m^2	(3) Szemtömeg, g/kalász	(4) Szemszám, db/kalász	(5) Ezerszem- tömeg, g	(6) Összes ter- més szem %- a
<i>A. Trágyázatlan (P_0)</i>					
a) Olajlen	577	1,46	32,6	45,0	46,2
b) Búza	647	1,08	28,8	37,6	43,6
c) Átlag	612	1,27	30,7	41,3	44,9
<i>B. Trágyázás, 70 kg P_2O_5/ha (P_{70})</i>					
a) Olajlen	647	1,44	32,0	45,2	45,8
b) Búza	720	1,18	29,9	39,4	44,6
c) Átlag	684	1,31	31,0	42,3	45,2

nensének értéke nagyobb volt, mint a P₀-parcellákban. A jó P-ellátottság gyorsította az érési folyamatot és 2–4 nappal rövidítette a tenyészidot.

A terméskomponensek értékeit az elovetemények is befolyásolták. A búza utáni búza lényegesen több, de jóval kisebb kalászt nevelt, mint olajlen után, továbbá kisebb volt az ezerszemtömege és az összestermés szem %-a is (2. táblázat). A búza elovetemény terméskomponensekre gyakorolt kedvezőtlen hatását a P-trágázás csak kis mértékben mérsékelte.

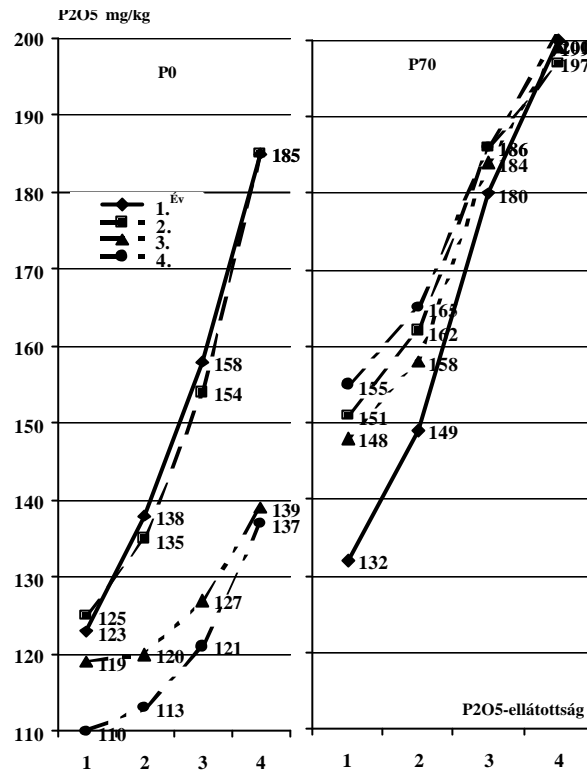
A talaj AL-oldható P-tartalmának változása

A talaj AL-oldható P₂O₅-tartalmának vizsgálatát minden évben – szokás szerint – a búza learatása után, a talaj szántott (0–20 cm-es) rétegéből végeztük el. Így az 1. évi eredmények már az első évi búzatermesztés utáni állapotot tükrözik. Mivel a mélyebb talajrétegek P-tartalma igen csekély és ez az évek során számottevően nem változik, ezek vizsgálatát csak ritkán végeztük el.

A vizsgálati eredményeket a 3. ábra tartalmazza. Ebből látható, hogy a talaj felvehető P-tartalma a P-kezelésektől függően, az évek során jelentősen változott. A P₀-parcellák talajának 125–185 mg/kg közötti P₂O₅-tartalma a 2. búzatermesztési év végére számottevően még nem változott, viszont a 3. búzaév végére már nagy csökkenések következtek be. Ennek oka az, hogy az előtte termesztett kukorica, majd olajlen is jelentős mennyiségű foszfort vont ki a talajból. A három évi termés együttesen, a talaj P-tartalmának javulásában, növekvő mértékben (6, 15, 27 és 46 mg P₂O₅/kg) csökkentette a talaj P-ellátottságát. A P-tartalom csökkenése – kisebb mértékben – tovább folytatódott a 4. évben is. A talaj P-tartalma a 4. búzatermesztési év végére a növekvő P-ellátottság irányában haladva 13, 25, 37 és 48 mg P₂O₅/kg értékkel csökkent. Ez nagyrészt az egyre nagyobb termések P-kivonásának eredménye.

A *P-trágázás hatására* csak a két legkisebb P-ellátottságú parcella talajában nőtt számottevően a talaj AL-P-tartalma, míg a közepes és a jó ellátottságúban változatlan maradt. Ez azt jelenti, hogy az elért nagy, 8–10 t/ha közötti szemtermések az alkalmazott P-adagot (70 kg P₂O₅/ha) felhasználták, a pótlás és a kivonás egyensúlyba került. Az eredetileg 180–200 mg/kg P₂O₅-t tartalmazó talajban a P-tartalom megbízhatóan nem változott. Kísérleteink szerint a meszes réti talajokon a 200 mg P₂O₅/kg körüli értéket tekintjük – a búza esetében – „jó” ellátottságnak. Ezen a szinten már a P-trágázás nem növeli megbízható mértékben a termést. Ez az ellátottsági érték változatlan marad, ha az elért termés szinten a búza P-igényét kielégítettük. Az 1. és a 4. búzaév között a talaj P-tartalmának gyarapodása a növekvő P-ellátottsági szintek irányában a következő volt: 23, 16, 6 és 1 mg P₂O₅/kg.

A P₇₀- és a P₀-kezelésű parcellák talajának P-ellátottsági szintjei között – érthetően – évről évre egyre nagyobb különbségek alakultak ki, amit a termés-eredmények is jól jeleztek. A 4. búzatermesztési év végére a talaj P-tartalma a



3. ábra

A talaj AL-oldható P₂O₅-tartalmának változása

P₀-kezeléseknél: 110, 113, 121 és 137, míg a P₇₀-eseknél 155, 165, 186 és 201 mg P₂O₅/kg volt.

A vizsgálatok eredményei rávilágítanak arra, hogy még a gyenge Pellátottságú meszes réti talajoknál is a szokásos adagú (60–70 kg P₂O₅/ha) P-mutrágával magas termésszintek érhetők el. 4 évi átlagban 8,70 t/ha szemtermést kaptunk, 1,90 t/ha-ral többet, mint a P-trágyázás nélküliekben. Ez a terméstöbblet nemcsak bőségesen fedezi a P-mutrágázás költségét, hanem jelentős jövedelmet is biztosít.

Összefoglalás

A Duna–Tisza közére jellemző meszes réti talajon beállított trágyázási tartamkísérletünk növekvő P-ellátottságú (123, 138, 158 és 185 mg P₂O₅/kg) parcelláin 4 éven át vizsgáltuk a talaj növekvő AL-oldható P-tartalmának és a P-trágyázás (70 kg P₂O₅/ha) hatását – külön-külön és együttesen – a búza szemtermésére és terméskomponenseire. A tartamkísérlet e ciklusában a növények

sorrendje a következő volt: olajlen után búza, búza, majd kukorica, olajlen, búza, búza. A kísérlet eredményeiből a következő megállapítások tehetők.

– A talaj növekvő AL-oldható P-tartalma mind a 4 évben nagymértékben, közel lineárisan növelte a szemtermést. A kialakult terméstöbbletek – az évek során számottevően nem változtak annak ellenére, hogy a talaj AL-P-tartalma, ennek növekedési irányában egyre jobban lecsökkent, így az ezek közötti különbségek fokozatosan mérséklődtek. Alacsony P-ellátottsági szinteken a kis P-különbségek is nagy terméstöbbleteket okoztak.

– A P-trágázás önmagában is igen nagy termésnövekedést idézett elő, annál nagyobb, mint a talaj AL-oldható P-tartalma. Nagymértékben csökkentette a talaj növekvő P-tartalma okozta terméstöbbleteket. Ezek között már a 4. évben nem volt szignifikáns különbség. P-trágázással tehát a talaj P-tartalmától függetlenül közel azonos terméseket értünk el. Ez arra utal, hogy az alkalmazott P-trágya-adag – az adott körülmények között – a búza P-igényét mindenütt eléggé kielégítette és a P-mutrágya foszforát a búza könnyebben vette fel, mint a talaj AL-oldhatóét.

– A meszes réti talajokon, így a kísérletünkben is a 200 mg/kg körüli P_2O_5 -tartalmat tartjuk „jó” P-ellátottságnak.

– Az olajlen a búza kiváló elöveteményének bizonyult e kísérletben is, a termést több mint 1 tonnával növelte hektáronként, a búza elöveteményhez viszonyítva.

– A talaj AL-oldható P-tartalma és a P-trágázás egyaránt jelentősen növelte a búza terméskomponenseinek értékét, a P-ellátottság mértékétől függően. A búza utáni búza több, de kisebb kalászt nevelt, mint olajlen után.

– A talaj AL-oldható P-tartalma a P-trágázásban nem részesült parcellákban a P-ellátottság javulásával párhuzamosan egyre jobban csökkent, míg a P-trágázás hatására a gyengébb ellátottságúaknál nőtt, a közepes és a jó ellátottságúaknál pedig nem változott, ami a P-pótlás és -kivonás egyensúlyára utal.

Kulcsszavak: P-ellátás, búza, elövetemény

Irodalom

- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B.-NÉ (szerk.), 1994. Trágázási kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B. & DVORACSEK M., 1989. A foszfor hatása a talajra és az oszi búza termésére. *Agrokémia és Talajtan*. **38**. 337–348.
- GYURIS, K. & BÓNA, I., 2002. Response of common wheat to intensifying soil fertility levels. *Acta Biologica Szegediensis*. **46**. (3–4) 199–200.
- HARMATI I., 1983. Agrotechnika és a búza télállósága. *Magyar Mezőgazdaság*. **38**. (42) 9.

- HARMATI I., 1987. A búza tápanyagellátása. In: A búzatermesztés kézikönyve. (Szerk.: BARABÁS Z.) 351–365. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- HARMATI I., 1991a. A műtrágyázás hatása néhány szegedi búzafajta szemtermésére meszes réti talajon. *Növénytermelés*. **40**. 447–458.
- HARMATI I., 1991b. A búza műtrágyázása. *Agrofórum*. **II**. (1) 5–8.
- HARMATI I., 1994. Műtrágyázás hatása fobb szántóföldi növények termésére meszes homok és réti talajon. In: *Trágyázási kutatások 1960–1990*. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B.-NÉ) 256–259. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- HARMATI I. & GYURIS K., 2002. A N- és a P-műtrágyák hatása a búza szemtermésére és termésösszetevőire. In: *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban*. Növénytermesztés. 301–306. DE ATC–SZIE kiadványa. Debrecen.
- HARMATI, I. & SZEMES, D., 1985. The influence of the cultivar and PK supply on the yield increasing effect of N-fertilizer in winter wheat. In: *Fight Against Hunger Through Improved Plant Nutrition*. (Eds.: WELTE, E. & SZABOLCS, I.) Proc. 9th World Fertilizer Congress. CIEC, June 1984. Budapest. **2**. 263–265. Goltze-Druck. Goettingen.
- SARKADI J., BALLA A.-NÉ & MIKLAYNÉ TUDOS E., 1984. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon I. N- és P-műtrágyahatások az oszibúza-kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan*. **33**. 355–374.

Érkezett: 2003. április 3.

Effect of Phosphorus Fertilization on Wheat Yields on Calcareous Meadow Soil with Various P Supply Levels

I. HARMATI and K. GYURIS

Cereal Research Non-Profit Company, Szeged (Hungary)

Summary

The effect of various AL-soluble P contents and of P fertilization (70 kg P₂O₅/ha) on wheat grain yield and yield components was studied, separately and in combination, over a 4-year period on plots with various P supply levels (123, 138, 158 and 185 mg P₂O₅/kg) in a long-term fertilization experiment set up on a calcareous meadow soil in the region between the Danube and Tisza rivers. In this cycle of the long-term experiment the crop sequence was: wheat (grown after oil flax), wheat, then maize, oil flax, and finally wheat, wheat. The following conclusions could be drawn from the results.

– In all 4 years increases in the AL-soluble P content of the soil caused a substantial, almost linear increase in the grain yield. The yield surpluses did not change greatly over the years, despite the fact that, as the yields increased, the soil AL-P content gradually declined, so that the differences in AL-P content became smaller. At low P supply levels, small differences in P resulted in large yield surpluses.

– P fertilization in itself caused considerable yield increases; the lower the soil AL-soluble P content, the greater the increase. P fertilization substantially reduced the yield surpluses caused by greater soil P content, which were no longer significant by the 4th year. In other words, regardless of the original P content of the soil, almost identical yields were achieved with P fertilization. This indicates that under the given conditions the P rates applied were able to satisfy the P requirements of wheat on all the plots and that wheat was able to absorb the phosphorus from P fertilizer more easily than the AL-soluble P content of the soil.

– On calcareous meadow soils such as that in the experiment a B₂O₅ content of around 200 mg/kg can be regarded as a good P supply level.

– Oil rape proved to be an excellent forecrop for wheat in this experiment, improving the yield by more than 1 t/ha compared with wheat grown after wheat.

– The yield components of wheat were substantially improved both by the AL-soluble P content of the soil and by P fertilization, irrespective of the P supply level. Wheat after wheat produced a larger number of smaller spikes than after oil flax.

– In plots given no P fertilizer, the AL-soluble P content of the soil decreased parallel with an increase in the P supply level, while it increased as the result of P fertilization in the case of poorer supply levels and did not change on medium and well supplied soils, demonstrating an equilibrium between P replacement and extraction.

Table 1. Effect of P supply levels on wheat yield components (averaged over 6 varieties and 4 years). (1) Soil P₂O₅ content, mg/kg. a) LSD_{5%}, b) Mean. (2) Spike number/m². (3) Grain mass, g/spike. (4) Grain number/spike. (5) Thousand grain mass, g. (6) Percentage grain in the total yield. A. Unfertilized (P₀). B. Fertilized, 70 kg P₂O₅/ha (P₇₀).

Table 2. Effect of forecrop on wheat yield components (averaged over 6 varieties, 4 years and 4 P supply levels). (1) Forecrop. a) Oil flax, b) Wheat, c) Mean. (2)–(6), A–B: see Table 1.

Fig. 1. Effect of increasing P supply levels and P fertilization on the wheat grain yield (averaged over 6 varieties). Vertical axis: Grain yield, t/ha. Horizontal axis: P₂O₅ supply level. From left to right: 1st year, 2nd year, 3rd year and 4th year.

Fig. 2. Effect of P fertilization and oil flax forecrop on the wheat grain yield (averaged over 6 varieties and 4 P supply levels). Vertical axis: Grain yield, t/ha. Horizontal axis: Year.

Fig. 3. Changes in the AL-soluble B₂O₅ content of the soil. Vertical axis: B₂O₅, mg/kg. Horizontal axis: P₂O₅ supply level.