

A kukorica nitrogén és foszfor műtrágyázása meszes réti talajon

HARMATI ISTVÁN

Gabonatermesztési Kutató Intézet, Szeged

Bevezetés

A műtrágyázás nagy költsége és jelentős termésbefolyásoló hatása a termelőköt kényszeríti a szakszerűség, a hatékonyság növelésére. Ennek elősegítése érdekében valamennyi termőhelyre egyre pontosabban kell megállapítani növényfajonként, sőt fajtánként a gazdaságos műtrágyaadagok meghatározásához szükséges paramétereket. E feladat meszes réti talajra való megoldása érdekében évek óta vizsgáljuk a főbb szántóföldi növények műtrágyázási kérdéseit. E dolgozatban a kukoricával végzett kísérletek egyikének főbb eredményeit ismertetjük.

Az okszerű műtrágyázás megvalósításához valamennyi befolyásoló tényező vizsgálata, figyelembevétele szükséges. Az elővetemény a kukorica termesztésénél is befolyásolja a műtrágyahatásokat. Monokultúrában általában nagyobb N- és kisebb P-hatások alakulnak ki, mint búza után, ennek megfelelően több N-műtrágyára van szükség (GYÖRFFY, 1976; SARKADI, 1976; SARKADI & BALLÁNÉ, 1990).

A hazai kutatók az optimális adagokra vonatkozóan különböző értékeket állapítottak meg. HARMATI (1981) öntözött meszes réti talajon monokultúrában $N_{150}P_{80}K_{120}$, CSATHÓ (1992) mészlepedékes csernozjomon vetésforgóban $N_{150}P_{60}K_{100-200}$. A túlzott P-trágyázás 100 kg P_2O_5 /ha felett gyakran csökkenti a kukorica termését, amit feltételezhetően relatív Zn-hiány idéz elő (CSATHÓ et al., 1989).

A túlzott tápanyagellátás hatására a kukorica kisebb gyökértömeget fejleszt, különösen öntözött viszonyok között, ami veszélyt jelenthet az öntözés elmaradása és heves széllel járó zivatar esetén (HARMATI, 1979).

A P-trágyázásnak jelentős utóhatása van, emellett azonban az újból adott friss P-műtrágya további jelentős termésnövekedést idéz elő. A friss P-műtrágyázás tehát szükséges, a talaj P-tartalmának figyelembevétele mellett (BALLÁNÉ & FÜLEKY, 1992).

Anyag és módszer

Erősen meszes (25 %), humuszban gazdag (5 %) 50-es Arany-féle kötött-ségű réti talajon, négy éven át, monokultúrában, a négy Pioneer kukorica hibrid N- és P-trágyázását vizsgáltuk hektáronként 50, 70 és 90 ezres tőszámon. A kísérlet kezdetéig a területet egyenletesen, egységesen műtrágyáztuk, aminek eredményeként a talaj AL-P₂O₅-tartalma 173 mg/kg, AL-K₂O-tartalma pedig 210 mg/kg volt, ami e talajon közel megfelelő ellátottságnak mondható.

A kísérlet kezelése

N-trágyázás:

	ősszel	tavasszal	=	összesen
1.	0	0	=	0 kg N/ha
2.	50 +	50	=	100 kg N/ha
3.	50 +	100	=	150 kg N/ha
4.	50 +	150	=	200 kg N/ha

P-trágyázás:

1.	0 kg P ₂ O ₅ /ha
2.	40 kg P ₂ O ₅ /ha
3.	80 kg P ₂ O ₅ /ha
4.	120 kg P ₂ O ₅ /ha

A kísérlet egész területe évente egységesen 120 kg K₂O/ha adagot kapott. A P- és a K-műtrágyákat mindig ősszel, szántás előtt szórtuk ki tányéros műtrágyaszóróval. A kísérletet 4 ismétlésű, véletlen elrendezésű, osztott parcellákon (netto 21 m²) végeztük. A kukoricát jó színvonalú, de a pontosság érdekében nagyjából kézimunkára alapozott technológiával termesztettük (vetés, betakarítás, mintavétel stb.).

A rövidség és a főbb eredmények kiemelése érdekében e dolgozatban csak a négy vizsgált hibrid átlagtermését közöljük (14 %-os nedvességtartalommal).

A reális trágyahatások elérése és megismerése érdekében arra törekedtünk, hogy a kukorica vízellátottsága az adott táj 30 éves átlagához közel álljon. Ennek érdekében az ehhez viszonyított csapadékhiányt esőztető öntözéssel igyekeztünk esetenként pótolni (1. táblázat).

A talaj művelt rétege AL-oldható P₂O₅-tartalma változásának nyomon követése céljából minden évben betakarítás után parcellánként (4-4 minta átlagából) meghatároztuk az AL-P₂O₅ értékeit (2. táblázat).

Eredmények

A parcellák talajának AL-oldható P₂O₅-tartalma az évek során a P-műtrágya-adagoktól függően változott, és a betakarított termések mennyisége is befolyásolta (2. táblázat). A P₀ kezelésnél fokozatos és igen jelentős, míg a P₄₀-nél kisebb P csökkenés következett be a 2. évtől kezdődően. A 80 kg/ha P₂O₅-adagnál az első évben megemelkedett P-ellátottság a további években számot-

1. táblázat
A kukoricánövény vízellátottsága, mm

(1) Hónap	1985	1986	1987	1988	(2) Átlag
a) Csapadék					
Jan.-Márc.	71,2	107,0	126,2	158,9	115,8
Április	8,1	42,0	76,6	17,1	36,0
Május	153,8	20,1	137,4	39,6	87,7
Június	52,3	63,4	78,7	66,0	65,1
Július	28,0	29,9	67,5	39,0	41,1
Augusztus	68,7	48,9	55,1	46,0	54,7
Szeptember	8,9	0	18,5	65,8	23,3
Ápr.-Szept.	319,8	204,3	433,8	273,5	307,9
Jan.-Szept.	391,0	311,3	560,0	432,4	423,7
b) Öntözővíz	60,0	160,0	0	35,0	63,7
c) I.-IX.+ Öntözővíz	451,0	471,3	560,0	467,4	487,4

2. táblázat
A talaj AL-oldható P₂O₅-tartalmának változása a szántott rétegben (mg/kg)

(1) Mű- trágya *	1985		1986		1987		1988		(2) Átlag	
	N ₀	N ₂₀₀	N ₀	N ₂₀₀	N ₀	N ₂₀₀	N ₀	N ₂₀₀	N ₀	N ₂₀₀
0	176	171	155	137	122	121	129	130	146	140
40	188	180	180	164	173	160	163	154	176	164
80	216	201	214	195	217	198	230	194	219	197
120	227	209	236	218	240	211	246	235	237	218
a) SzD _{5%}	17	21	13	13	24	24	25	24	10	11
b) Átlag	202	190	196	178	188	172	192	178	194	180

* kg P₂O₅/ha

tevően nem változott, amiből arra lehet következtetni, hogy a foszfor kivonás és lekötődés mértéke megfelelt az évenként kiszórt foszfor mennyiségével. A P₁₂₀ kezelésnél már fokozatos P-növekedés következett be, ami arra utal, hogy ez a P-műtrágya-adag már sok. Ugyanis a meszes réti talajokon - a kukorica esetében, kísérleteink szerint - a megfelelő P-ellátottság értéke a 180-200 mg/kg

AL-P₂O₅ intervallumban található. A N-trágyázott parcellák talajának P-tartalma érthetően kisebb lett a jóval nagyobb termések miatt.

A kukorica szemtermés eredményeit a könnyebb áttekinthetőség és a rövidség érdekében először a vizsgált 4 hibrid 4 évi átlagában tőszámonként adjuk meg (3. táblázat), majd közel optimálisnak adódó 70 000 tő/ha függvényében ismertetjük a trágyahatások évenkénti alakulását, változását (4. táblázat).

3. táblázat
A NP-műtrágyázás hatása a kukorica szemtermésére a tőszám függvényében
(4 hibrid, 4 évi átlaga, t/ha)

(1) Kezelések	N ₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	N ₂₀₀	(2) SzD _{5%}	(3) Átlag
<i>A. 50 000 tő/ha</i>						
P ₀	7,24	8,71	9,00	8,90		8,46
P ₄₀	6,81	9,04	9,44	9,48		8,69
P ₈₀	6,88	9,16	9,64	9,64		8,83
P ₁₂₀	6,82	8,99	9,52	9,62		8,74
a) SzD _{5%}			0,39			0,21
b) Átlag	6,94	8,98	9,40	9,41	0,21	8,68
<i>B. 70 000 tő/ha</i>						
P ₀	7,39	9,45	9,67	9,66		9,04
P ₄₀	6,77	9,70	10,36	10,65		9,37
P ₈₀	7,10	10,00	10,55	10,60		9,56
P ₁₂₀	7,03	9,67	10,25	10,56		9,38
a) SzD _{5%}			0,61			0,49
b) Átlag	7,07	9,71	10,21	10,37	0,49	9,34
<i>C. 90 000 tő/ha</i>						
P ₀	7,56	9,88	10,11	10,08		9,41
P ₄₀	6,95	10,12	10,74	10,94		9,69
P ₈₀	7,21	10,31	10,98	11,13		9,91
P ₁₂₀	6,95	10,10	10,77	11,06		9,72
a) SzD _{5%}			0,53			0,24
b) Átlag	7,17	10,10	10,65	10,80	0,24	9,68

A kukorica hibridek 4 évi átlagtermés adatai alapján megállapítható, hogy a N-műtrágyázás igen nagymértékű termésnövekedést okozott. Ennek oka, hogy a viszonyítási alapul szolgáló N₀ kezelésű parcellák 4 éven át nem kaptak N-műtrágyát, s emiatt ezek talajában évről évre egyre nagyobb N-hiány alakult ki. Megfelelő nagyságú és minőségű kukoricatermés eléréséhez tehát ezen a jó N-szolgáltató képességű talajon is jelentős mennyiségű N-utánpótlásra van szükség.

4. táblázat
 Az NP-trágyázás évenkénti hatása a kukorica szemtermésére
 (4 hibrid átlagában, 70 000 tő/ha, t/ha)

(1) Kezelések	N ₀	N ₁₀₀	N ₁₅₀	N ₂₀₀	(2) SzD _{5%}	(3) Átlag
<i>1985</i>						
P ₀	9,13	9,80	10,03	10,13		9,77
P ₄₀	8,74	9,82	9,93	10,43		9,73
P ₈₀	9,09	10,16	10,40	10,40	0,49	10,01
P ₁₂₀	9,03	9,73	9,80	10,15		9,68
a) SzD _{5%}			0,49			n.sz.
b) Átlag	9,00	9,88	10,04	10,28	0,25	9,80
<i>1986</i>						
P ₀	7,95	10,7	10,16	10,16		9,58
P ₄₀	7,31	10,13	10,75	10,89		9,77
P ₈₀	7,67	10,28	10,75	10,92	0,58	9,90
P ₁₂₀	7,64	10,35	10,80	10,98		9,94
a) SzD _{5%}			0,58			n.sz.
b) Átlag	7,64	10,21	10,62	10,74	0,44	9,80
<i>1987</i>						
P ₀	5,82	8,66	9,28	9,52		8,32
P ₄₀	5,02	8,73	9,88	10,49		8,53
P ₈₀	5,13	8,97	9,68	10,47	0,36	8,56
P ₁₂₀	5,11	8,71	9,60	10,29		8,43
a) SzD _{5%}			0,36			0,23
b) Átlag	5,27	8,77	9,61	10,19	0,29	8,46
<i>1988</i>						
P ₀	6,65	9,26	9,22	8,82		8,49
P ₄₀	6,01	10,11	10,88	10,80		9,45
P ₈₀	6,51	10,59	11,36	10,61	0,48	9,77
P ₁₂₀	6,34	9,90	10,79	10,81		9,46
a) SzD _{5%}			0,48			0,25
b) Átlag	6,38	9,66	10,56	10,26	0,28	9,29

A N-műtrágyázás termésnövelő hatását - ennek adagján kívül - a P-ellátottság mértéke és a tőszám is igen jelentősen befolyásolta. A P-trágyázás - elsősorban a P₄₀ kezeléssel - fokozta erősen a nitrogén terméshatását a kedvező N:P arány kialakulása révén. E pozitív kölcsönhatás a nagyobb P- adagoknál mérséklődött. A tőszámnövelés is igen jelentősen javította a nitrogén hatékonyságát. Pl. az N₁₅₀ kezeléssel - P₄₀ szinten - a tőszámnövekedés sorrendjében a következő terméshatást kaptuk: 2,63, 3,59 és 3,79 t/ha.

Az ökonómiai optimumnak a legtöbb esetben a 150 kg N/ha bizonyult, azonban a 90 000 tő/ha esetében a 200 kg N/ha még további kismértékű termés-többletet okozott. Az optimális N-adag meghatározásánál tehát a tőszámot is figyelembe kell venni. Ez a megállapítás - kísérleti eredményeink szerint - fordítva is érvényes.

A P-trágyázás - a nitrogénhez viszonyítva - sokkal kisebb termésmnövekedést okozott, mivel a talaj P-ellátottsága a kísérlet kezdetén közel megfelelő volt (173 mg P_2O_5 /kg). A P-műtrágyázás hatását a N-trágya adagjától függő mértékben növelte. A N_0 parcellákon viszont a P-trágyázás minden esetben termés-csökkenést okozott, a kedvezőtlen N:P arány miatt.

Kísérleti viszonyaink között gazdaságilag optimálisnak a 40 kg P_2O_5 /ha bizonyult. A 80 kg P_2O_5 /ha ugyan még tovább növelte a termést, főként a nagyobb növényállományoknál, a többletermés azonban sok esetben nem megbízható mértékű és legtöbbször nem fedezi a többletköltségeket. A talaj megfelelő P-ellátottságának folyamatos biztosításához viszont - mint a 2. táblázat adataiból láthattuk - a kb. 80 kg/ha P_2O_5 -re van szükség.

A 4 évi átlagadatok értékelése után fontosnak tartjuk a kísérleti adatok évenkénti elemzését is, mivel a talaj változó tápanyagviszonyai miatt az előbbi megállapítások némi módosításra szorulnak.

A kísérlet évenkénti szemtermés eredményeit - az optimálisnak mondható 70 000 tő/ha esetében - a 4. táblázat tartalmazza. Ezekből jól látható, hogy a P-hatás évről-évre nőtt a N adagok növekedésével együtt. A legnagyobb többlettermést így a 4. évben és az N_{200} kezeléssel kaptuk. Ez a P_0 -parcellák csökkenő P-tartalmával magyarázható. Az első évben a P-hatás még nem volt szignifikáns. A 2. és a 3. évben elegendő volt a 40 kg P_2O_5 /ha. A 4. évben azonban már 80 kg P_2O_5 /ha adaggal kaptuk a legnagyobb termést, mivel a P_{40} -kezelésű parcellákon is a megfelelő ellátottság alá csökkent a talaj P-tartalma.

A P-hatás alapvetően függött a N-műtrágya adagjától. A N-adagok növekedésével együtt évről-évre nőtt a P-trágyázás hatása. Az N_0 -kezelésű parcellákban a P-trágyázás minden esetben csökkentette a szemtermést.

Az évek sorrendjében a következő műtrágyakezelések bizonyultak a legkedvezőbbeknek: $N_{100}P_0$, $N_{150}P_{40}$, $N_{200}P_{40}$ és $N_{150}P_{80}$. Ezekkel a következő terméseket kaptuk: 9,80, 10,75, 10,49 és 11,36 t/ha. A N-optimumok változását elsősorban az időjárás, míg a foszforét a talaj P-ellátottsága befolyásolta.

Következtetések

Kísérleti eredményeink is rávilágítanak arra, hogy az optimális műtrágyaadagokat csak a műtrágyahatásokat befolyásoló tényezők együttes vizsgálatával állapíthatjuk meg elfogadható pontossággal. Ezt bizonyítják a kísérletünkben tapasztalt jelentős N-P-tőszám kölcsönhatások is, melyeket a növekedő N-, P-adagokkal és a tőszám változtatásával, valamint ezek kombinációikkal kaptuk. A P-trágyázás hatása függött a N-ellátottság mértékétől és a tőszámtól, de a N-

trágya hatékonyságát is befolyásolta a P-ellátottság és a tőszám. A hibridek műtrágyareakcióit ugyan e dolgozatban nem ismertettük, de megemlítjük, hogy ezek is befolyásolták kisebb mértékben a műtrágyaadagok optimumait. A hibridek között elsősorban a trágyázás hatékonyságában találtunk jelentős különbségeket.

A N-trágyázás elmaradása, vagy adagjainak elégtelensége sokkal nagyobb termés kiesést okoz, mint a P-ellátottság gyengesége, még a jó N-szolgáltató talajokon is.

A sokévi átlagtermések alapján megállapított optimális P-műtrágya-adagok csak akkor helytállóak, ha a talaj P-ellátottsága az évek során közel állandó.

Összefoglalás

Erősen meszes, humuszban gazdag réti talajon 4 éven át monokultúrában vizsgáltuk a kukorica műtrágyázásának kérdéseit növekvő N- és P-műtrágyaadagokkal és ezek kombinációival, hektáronkénti 50, 70 és 90 ezer tőszámmal.

A természetes csapadékot, amikor kevés volt, öntözéssel hozzávetőlegesen kiegészítettük a 30 évi átlagra (1. táblázat).

A kísérlet adataiból a következő megállapítások tehetők.

A talaj művelt rétegének AL-oldható P_2O_5 -tartalma az évenként kiszórt P-adagoktól függően változott. A 80 kg P_2O_5 /ha folyamatosan biztosította a talaj megfelelő P-ellátottságát, ennél kisebb adag (P_{40}) csökkenést, míg a nagyobb adag (P_{120}) növekedést okozott (2. táblázat). E változások jelentősen befolyásolták a P-trágyázás termésmenvelő hatásának mértékét.

A kukorica szemtermését (4 hibrid átlagában) a N-műtrágyázás nagymértékben növelte. A N_0 -parcellák talajának N-tartalma fokozatos csökkentése miatt a N hatására a többlettermés évről-évre jelentősen nőtt. Az optimális N-adag az első évben 100, a további években 150-200 kg N/ha volt. A N-trágyázás hatását fokozta a P-trágyázás, a talaj P-ellátottságának a megfelelő szintig történő emeléséig és a tőszám növelése.

A P-műtrágyázás, ennek adagjától, illetve a talaj P-ellátottságától függő mértékben növelte a kukorica szemtermését. A P_0 -parcellák P-tartalmának csökkenésével a P-hatás évről-évre nőtt, de ennek mértéke jóval elmaradt a N hatásától, mivel nagyfokú P-hiány nem alakult ki. Az optimális P-műtrágyaadag az 1. évben 0, a 2. és 3. évben 40, míg a 4. évben 80 kg P_2O_5 /ha volt. A foszfor hatását a N-ellátás javulása és a tőszám növelése fokozta.

A jelentős N-P-tőszám kölcsönhatás miatt a N- és P-adag optimumai csak a fentiek egyidejű vizsgálatával állapíthatók meg.

Irodalom

- BALLA A.-NÉ & FÜLEKY GY., 1992. Trágyázási tartamkísérletek rövid értékelése (1950-1985). *Agrokémia és Talajtan*. **41**. 371-390.
- CSATHÓ P., 1992. K- és P-hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **41**. 241-246.
- CSATHÓ P., KÁDÁR I. & SARKADI J., 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés*. **38**. 69-76.
- GYÓRFFY B., 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. **35**. 239-266.
- HARMATI I., 1979. A kukorica trágyázása. In: *A kukoricatermesztés gyakorlatának időszerű kérdései*. 5-33. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet, Budapest Kiadványa.
- HARMATI I., 1981. A kukoricaöntözés hatékonyságának növelési lehetőségei. *Tudomány és Mezőgazdaság*. **XIX**. (4) 45-50.
- SARKADI J., 1976. A kukorica műtrágyázása. *Agrártud. Közlem.* **35**. 277-282.
- SARKADI J. & BALLA A.-NÉ, 1990. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes talajon. III. Kukorica kísérletek. *Agrokémia és Talajtan*. **39**. 103-110.

Érkezett: 1994. június 8.

Nitrogen and Phosphorus Fertilization of Maize on a Calcareous Meadow Soil

I. HARMATI

Cereal Research Institute, Szeged (Hungary)

Summary

Questions involved in maize fertilization were studied for four years in a monoculture on a calcareous meadow soil rich in humus, with increasing rates of N and P fertilizer and their combinations, at plant densities of 50, 70 and 90 thousand plants per hectare.

If natural precipitation was low, it was supplemented by irrigation to approximately the 30-year average (Table 1).

The following conclusions can be drawn from the results:

- The AL-soluble P_2O_5 content of the cultivated soil layer changed as a function of the annual P rates distributed. A rate of 80 kg P_2O_5 /ha continually ensured a satisfactory level of P in the soil. A lower rate (P_{40}) led to a reduction, while a higher rate (P_{120}) caused an increase (Table 2). These changes had a significant influence on the extent to which P fertilization enhanced the yield.

- The grain yield of maize (averaged over 4 hybrids) was substantially increased by N fertilization. Due to the gradual reduction in the N content of the soil in the N_0 plots, the surplus yield caused by N increased considerably from year to year. The optimum N rate was 100 kg N/ha in the first year and 150-200 kg N/ha in later years. The effect of N fertilization was improved by P fertilization, until the P supplies in the soil reached a satisfactory level, and by an increase in plant density.

- P fertilization increased the grain yield of maize to an extent depending on the fertilizer rate and on the P supply level of the soil. As the P content of P_0 plots decreased, the P effect rose from year to year, though the extent of this rise was considerably smaller than that of N, since an extreme P deficiency did not develop. The optimum P fertilizer rate was 0 in the first year, 40 kg P_2O_5 /ha in the second and third years and 80 kg P_2O_5 /ha in the fourth. The P effect was enhanced by an improvement in the N supply and by an increase in plant density.

- Due to the significant N-P-plant density interaction, the optimum values of N and P rates can only be determined by a simultaneous analysis of the factors discussed above.

Table 1. Water supplies to maize plants, mm. (1) Month. a) Precipitation; b) Irrigation water; c) Precipitation (January - September) + irrigation water. (2) Mean.

Table 2. Changes in the AL-soluble P_2O_5 content of the soil in the ploughed layer (mg/kg). (1) Fertilizer, kg P_2O_5 /ha. a) $LSD_{5\%}$; b) and (2) Mean.

Table 3. Effect of NP fertilization on maize grain yield as a function of plant density (averaged over 4 hybrids and 4 years, t/ha). (1) Treatments. a) and (2) $LSD_{5\%}$; b) and (3) Mean. A. 50 000 plants/ha. B. 70 000 plants/ha. C. 90 000 plants/ha.

Table 4. Annual effect of NP fertilization on maize grain yield (averaged over 4 hybrids, 70 000 plants/ha, t/ha). (1) - (3): See Table 3.