

NPK-műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben mezőföldi csernozjom talajon

LÁSZTITY BORIVÓJ és CSATHÓ PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A szakszerű növénytáplálás tudományos megalapozásában a célirányosan megtervezett szabadföldi kísérletezésnek meghatározó szerepe van. Az ilyen kísérletekben a tartam jelleg, valamint a vetésforgó alkalmazása jelentősen növelni képes a sokirányú információszerzést. A vetésforgós tartamkísérletekben tanulmányozhatjuk az adott talaj tápelemszolgáltató képességét, a műtrágyázás hatékonyságát az évenként változó ökológiai körülmények között, az egymást váltó növényi kultúrák esetében. Egyidejűleg ismereteket szerezhetünk a forgóban szereplő növények faj- és fajta-specifikus táplálkozásbiológiai sajátosságairól.

A kísérlet tartama jellege lehetőséget nyújt az időbeni változások irányáról, annak intenzitásáról, a változó környezeti, főként időjárási tényezők nyomán követésében. A szabadföldi kísérletek lényegében a növénytáplálás gyakorlatának tudományos megalapozását hivatottak szolgálni.

A fent említett célok szolgálata érdekében a hatvanas évek végén kezdődtek az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek, közülük a mezőföldi tájegységen belül Nagyhörcsökön az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon.

A kísérletsorozat tervét egy kollektíva dolgozta ki Láng Géza vezetésével. Koordinálását folyamatosan a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem végzi. A kivitelezést az intézet kísérleti telepe az Agrokémiai Osztály - Sarkadi János, Kádár Imre, Lásztity Borivoj, Bánó Tamás, Mágory Géza, Csathó Péter, Lakatos Mária munkatársak - szakmai irányításával végezte. A kísérlet első három rotációjának eredményeit SARKADI és munkatársai (1984, 1985, 1990) dolgozta fel. A részeredményekről CSATHÓ et al. (1989), CSATHÓ (1992), DEBRECZENI & DVORACSEK (1989), DVORACSEK & LUKÁCSNÉ (1989), DEBRECZENI (1992) közöltek még adatokat.

Jelen dolgozatban folytatásként az A17 kísérletben a 4. és 5. rotáció eredményeit dolgozzuk fel a termésadatok, valamint néhány talajvizsgálati paraméter adatainak felhasználásával. A feldolgozás célja a műtrágya hatások elemzése.

1.
A terméshozamok alakulása a kísérletben,

| NP | A. 1980. 13. év Őszi búza, t/ha (GK-3) | | | | B. 1981. 14. év Kukorica, t/ha (Sze Sc444) | | | |
|---------------------|---|----------------|-------------------|-------|---|----------------|-------------------|-------|
| | (1) K-szint | | (2) | (3) | (1) K-szint | | (2) | (3) |
| | K ₀ | K ₁ | SzD _{5%} | Átlag | K ₀ | K ₁ | SzD _{5%} | Átlag |
| 00 | 2,90 | - | - | 2,90 | 3,88 | - | - | 3,88 |
| 10 | 2,74 | 2,71 | | 2,72 | 5,03 | 5,73 | | 5,38 |
| 11 | 5,00 | 5,35 | | 5,17 | 7,47 | 7,85 | | 7,66 |
| 12 | 5,52 | 5,50 | | 5,51 | 7,48 | 7,16 | | 7,32 |
| 20 | 2,84 | 2,85 | | 2,84 | 4,43 | 5,98 | | 5,21 |
| 21 | 6,42 | 6,37 | 0,43 | 6,39 | 7,57 | 8,58 | 0,82 | 8,07 |
| 22 | 6,92 | 7,09 | | 7,00 | 7,99 | 8,31 | | 8,15 |
| 30 | 2,79 | 3,50 | | 3,14 | 3,49 | 5,84 | | 4,66 |
| 31 | 6,11 | 6,62 | | 6,36 | 7,70 | 8,81 | | 8,26 |
| 32 | 6,80 | 7,59 | | 7,19 | 8,27 | 8,54 | | 8,41 |
| 43 | - | 7,33 | - | 7,33 | - | 7,91 | - | 7,91 |
| a)SzD _{5%} | 0,37 | | - | 0,26 | 0,67 | | - | 0,47 |
| N | | | | | | | | |
| 1 | 4,42 | 4,52 | | 4,47 | 6,65 | 6,91 | | 6,78 |
| 2 | 5,39 | 5,44 | 0,31 | 5,41 | 6,67 | 7,62 | 0,63 | 7,14 |
| 3 | 5,23 | 5,90 | | 5,56 | 6,49 | 7,73 | | 7,11 |
| a)SzD _{5%} | 0,22 | | - | 0,15 | 0,38 | | - | 0,27 |
| P | | | | | | | | |
| 0 | 2,79 | 3,02 | | 2,90 | 4,32 | 5,85 | | 5,08 |
| 1 | 5,84 | 6,11 | 0,31 | 5,98 | 7,58 | 8,41 | 0,63 | 8,00 |
| 2 | 6,41 | 6,72 | | 6,57 | 7,91 | 8,00 | | 7,96 |
| a)SzD _{5%} | 0,22 | | - | 0,15 | 0,38 | | - | 0,27 |
| b) Átlag | 5,01 | 5,28 | 0,27 | - | 6,60 | 7,42 | 0,56 | - |

C.V = 5,1

C.V. = 6,7

táblázat
mészlepedékes csernozjom talajon (Nagyhörcsök)

| NP | C. 1982. 15. év Kukorica, t/ha (Sze Sc 444) | | | | D. 1983. 16. év Borsó, t/ha (IP 3) | | | |
|---------------------|--|----------------|-------------------|-------|---------------------------------------|----------------|-------------------|-------|
| | (1) K-szint | | (2) | (3) | (1) K-szint | | (2) | (3) |
| | K ₀ | K ₁ | SzD _{5%} | Átlag | K ₀ | K ₁ | SzD _{5%} | Átlag |
| 00 | 3,95 | - | - | 3,95 | 1,56 | - | - | 1,56 |
| 10 | 5,82 | 6,18 | | 6,00 | 1,72 | 1,82 | | 1,77 |
| 11 | 6,72 | 6,57 | | 6,64 | 2,13 | 2,92 | | 2,53 |
| 12 | 6,64 | 6,36 | | 6,50 | 2,04 | 2,67 | | 2,35 |
| 20 | 5,85 | 6,77 | | 6,31 | 1,73 | 2,08 | | 1,90 |
| 21 | 7,61 | 8,92 | 0,76 | 8,27 | 2,05 | 2,79 | 0,34 | 2,42 |
| 22 | 7,71 | 8,76 | | 8,23 | 2,10 | 2,80 | | 2,45 |
| 30 | 5,60 | 6,60 | | 6,10 | 1,72 | 1,87 | | 1,79 |
| 31 | 7,81 | 9,45 | | 8,63 | 2,08 | 2,93 | | 2,50 |
| 32 | 8,08 | 8,40 | | 8,24 | 2,11 | 2,67 | | 2,39 |
| 43 | - | 7,85 | - | 7,85 | - | 2,62 | - | 2,62 |
| a)SzD _{5%} | 0,59 | | - | 0,42 | 0,31 | | - | 0,22 |
| N | | | | | | | | |
| 1 | 6,39 | 6,37 | | 6,38 | 1,97 | 2,47 | | 2,22 |
| 2 | 7,06 | 8,15 | 0,60 | 7,60 | 1,96 | 2,56 | 0,23 | 2,26 |
| 3 | 7,16 | 8,15 | | 7,66 | 1,97 | 2,49 | | 2,23 |
| a)SzD _{5%} | 0,34 | | - | 0,24 | 0,18 | | - | 0,13 |
| P | | | | | | | | |
| 0 | 5,76 | 6,52 | | 6,14 | 1,72 | 1,92 | | 1,82 |
| 1 | 7,38 | 8,31 | 0,60 | 7,85 | 2,09 | 2,88 | 0,23 | 2,48 |
| 2 | 7,48 | 7,84 | | 7,66 | 2,09 | 2,71 | | 2,40 |
| a)SzD _{5%} | 0,34 | | - | 0,24 | 0,18 | | - | 0,13 |
| b) Átlag | 6,87 | 7,56 | 0,54 | - | 1,96 | 2,50 | 0,19 | - |

C.V = 5,8

C.V. = 9,6

Anyag és módszer

A kísérlet 1967 őszén került beállításra őszi búza - kukorica - kukorica - borsó vetésforgóval, egy év kivételével, amikor a kukorica helyett tavaszi repce volt a termesztett növény. Az ismétlések száma négy, a kezeléseké 20, az elrendezés split-plot volt, káliumos és kálium nélküli főparcellával. A kezeléseknél a nitrogén és a foszfor hatását három-három, a káliumot két szinten vizsgáltuk. Ehhez járult a kezeletlen kontroll és a nagyobb adagú NPK-kezelés. Az alkalmazott műtrágyaadagok a vizsgált időszakban:

Valamennyi növénynél: $P_2O_5 = 0; 1 = 50; 2 = 100$ kg/ha/év,

Valamennyi növénynél: $K_2O = 0; 1 = 100$ kg/ha/év,

Borsónál: N: $1 = 40; 2 = 80; 3 = 120; 4 = 160$ kg/ha/év

Többi növénynél: N: $1 = 50; 2 = 100; 3 = 150; 4 = 200$ kg/ha/év

A foszfor- és káliumműtrágyákat a gyakorlatnak megfelelően ősssel szántás alá adtuk szuperfoszfát és kálisó formájában. A nitrogént pétisóban a termesztett növényhez igazodóan egyben ősssel, vagy fele-fele arányban megosztva ősssel és tavasszal szórtuk ki.

A kísérlet talajának típusa mészlepedékes csernozjom. Főbb jellemzőit SZÜCS (1965) dolgozatából ismerhetjük meg. A beállításkori néhány fontosabb talajtulajdonság a következő volt: pH(KCl) 7,2; $CaCO_3$: 4,3 %; Humusz 3 %; Kööttség (K_A) 38; hy 2,5; AL-oldható P_2O_5 60, AL- K_2O 190 mg/kg, ami gyenge foszfor- és közepes-jó kálium-ellátottságnak felelt meg.

A termesztett növényt és fajtáját az évszám feltüntetésével a táblázatokban adjuk meg. A talajmintákat a rotációk utolsó évében ősssel szedtük meg parcellánként 20-20 pontminta egyesítésével átlagminta képzéssel. A könnyen oldható tápelem vizsgálatot ammónium-laktátos kioldással EGNER et al. (1960) módszerével végeztük, P-tartalmát SARKADI et al. (1965) alapján határoztuk meg.

A biometria értékélnél többtényezős variancia-analízist alkalmaztunk. Az adatok biometria feldolgozása LAKATOS MÁRIA munkája.

Kísérleti eredmények, következtetések

A táblázatokban az NP-kezeléseket a két K-szinten, azok átlagait, az N- és P-szintek eredményeit a két K-szinten, valamint az átlagokat tüntetjük fel. Az SzD értékeket ennek megfelelően közöljük.

A kontroll- és nagyadagú NPK-kezeléseket is bemutatjuk.

A negyedik rotáció négy évének termésadatait az 1. táblázatban láthatjuk. A kísérlet 13. évében az őszi búza szemtermése 2,7 és 7,2 t/ha körüli értékek között mozgott a műtrágyázási kezelésektől függően.

Az NP- és NPK-műtrágyázás szignifikánsan növelte a szemterméseket a kontrollhoz viszonyítva. Az egyes elemek hatásait elemezve az MQ-értékek valószínűségi szintje alapján (2. táblázat) láthatjuk, hogy a N- és P-trágyázás

2. táblázat
A kísérletek fő- és kölcsönhatások MQ-értékeinek valószínűségi szintjei
(1980-1987)

| (1) Tényező | (2) Őszi búza | | (3) Kukorica | | | (4) Borsó | | (5) Tav. repce |
|----------------|------------------|------|-----------------|------|------|--------------|------|----------------------|
| | 1980 | 1984 | 1981 | 1982 | 1986 | 1983 | 1987 | 1985 |
| K | x | x | x | x | x | xx | xx | x |
| N | xxx | x | x | xxx | xxx | NS | x | xxx |
| K x N | xxx | + | xx | xxx | xx | NS | NS | x |
| P | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx | xxx |
| K x P | NS | NS | xxx | + | NS | xxx | NS | NS |
| N x P | xxx | xxx | xxx | xxx | x | NS | NS | x |
| N x P x K | NS | x | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

+ P = 10 %-os, x P = 5 %-os, xx P = 1 %-os, xxx P = 0,1 %-os szinten szignifikáns,
NS = nem szignifikáns

hatása erősen szignifikáns, hasonlóan az NxP és NxK kölcsönhatás is. A K-trágyázás hatása kismértékű, de igazolhatónak bizonyult. Az évjáratra a száraz meleg jelleg volt a jellemző, amikor az április és május hónapok csapadékösszege 94 mm nagyságot tett ki, kedvezően befolyásolva a termés alakulását. Itt jegyezzük meg, hogy N-kontroll (PK) kezelés nem szerepel a kísérletben. A N hatások alatt az N₁-, N₂- és N₃-szintek közötti különbségeket értjük.

A következő két évben azonos fajtájú kukorica szerepelt a vetésforgóban. A szemtermés nagysága (1. táblázat) megközelítően hasonló termésszintet ért el és 3,9, valamint 8,6 t/ha körül alakult az egyes műtrágyázási kezelésekben.

A kukoricatermesztés klimatikus feltételei között fontos szerepe van a nyári félév (ápr. - szept.) csapadékösszegének, mely ebben a két évben közel azonos (287 és 295 mm) volt. A két évjárat viszonylag kedvező feltételeket biztosított a növény számára a vegetáció során. Az NP- és NPK-műtrágyázás következetesen eredményesnek bizonyult, igazolható szemtermés-növekedést biztosítva. A hatások és kölcsönhatások (2. táblázat) a nitrogén kivételével mindkét évben azonos képet mutattak. A foszfor 100 kg/ha adagja további termésnövekedést nem biztosított, sőt enyhe csökkenő tendenciát mutatott. A N-trágyázásnál a 150 kg/ha dózis további igazolható pótlólagos hatást nem idézett elő egyik évben sem. A K-műtrágya hatása szignifikáns terméstöbbletben mutatkozott a káliummal nem trágyázotthoz képest.

A forgó pillangós növénye a borsó volt. A termésmagyság 1,6 és 2,5 t/ha körüli értékeken belül változott a kezelések függvényében. Az egyes tápelemek hatását vizsgálva elsősorban a foszfor, másodsorban a kálium, valamint a kettjük kölcsönhatása volt statisztikailag igazolható magas valószínűségi szinten (2. táblázat). Mint pillangós növény nem igényelte a N-műtrágyát, így annak ha-

3.
A terméshozamok alakulása a kísérletben,
(Nagyhörccsök)

| NP | A. 1984. 17. év Őszi búza, t/ha (Mv 4) | | | | B. 1985. 18. év Tavaszi repce, t/ha (Wester) | | | |
|---------------------|---|----------------|--------------------------|--------------|---|----------------|--------------------------|--------------|
| | (1) K-szint | | (2) SzD _{5%} | (3) Átlag | (1) K-szint | | (2) SzD _{5%} | (3) Átlag |
| | K ₀ | K ₁ | | | K ₀ | K ₁ | | |
| 00 | 2,65 | - | - | 2,65 | 0,39 | - | - | 0,39 |
| 10 | 3,28 | 3,31 | | 3,29 | 0,65 | 0,72 | | 0,69 |
| 11 | 4,92 | 5,59 | | 5,25 | 1,52 | 1,54 | | 1,53 |
| 12 | 5,75 | 5,79 | | 5,77 | 1,64 | 1,59 | | 1,61 |
| 20 | 2,81 | 3,18 | | 2,99 | 0,62 | 0,94 | | 0,78 |
| 21 | 5,12 | 5,60 | 0,41 | 5,36 | 1,72 | 1,90 | 0,25 | 1,81 |
| 22 | 5,89 | 6,31 | | 6,10 | 1,83 | 1,86 | | 1,85 |
| 30 | 2,70 | 3,55 | | 3,12 | 0,51 | 0,89 | | 0,70 |
| 31 | 5,22 | 5,60 | | 5,41 | 1,82 | 2,07 | | 1,94 |
| 32 | 6,14 | 6,47 | | 6,30 | 1,78 | 1,98 | | 1,88 |
| 43 | - | 6,73 | - | 6,73 | - | 1,90 | - | 1,90 |
| a)SzD _{5%} | 0,31 | | - | 0,22 | 0,22 | | - | 0,16 |
| N | | | | | | | | |
| 1 | 4,65 | 4,90 | | 4,77 | 1,27 | 1,28 | | 1,27 |
| 2 | 4,60 | 5,03 | 0,33 | 4,82 | 1,39 | 1,56 | 0,18 | 1,48 |
| 3 | 4,68 | 5,21 | | 4,94 | 1,37 | 1,65 | | 1,51 |
| a)SzD _{5%} | 0,18 | | - | 0,13 | 0,13 | | - | 0,09 |
| P | | | | | | | | |
| 0 | 2,93 | 3,35 | | 3,14 | 0,59 | 0,85 | | 0,72 |
| 1 | 5,08 | 5,60 | 0,33 | 5,34 | 1,69 | 1,83 | 0,18 | 1,76 |
| 2 | 5,93 | 6,19 | | 6,06 | 1,75 | 1,81 | | 1,78 |
| a)SzD _{5%} | 0,18 | | - | 0,13 | 0,13 | | - | 0,09 |
| b) Átlag | 4,65 | 5,04 | 0,30 | - | 1,34 | 1,50 | 0,16 | - |

C.V = 4,5

C.V. = 10,9

táblázat
 mészlepedékes csernozjom talajon
 (1984-1987)

| NP | C. 1986. 19. év Kukorica, t/ha (Pi 3732) | | | | D. 1987. 20. év Borsó, t/ha (IP 3) | | | |
|---------------------|---|----------------|-------------------|-------|---------------------------------------|----------------|-------------------|-------|
| | (1) K-szint | | (2) | (3) | (1) K-szint | | (2) | (3) |
| | K ₀ | K ₁ | SzD _{5%} | Átlag | K ₀ | K ₁ | SzD _{5%} | Átlag |
| 00 | 5,88 | - | - | 5,88 | 2,38 | - | - | 2,38 |
| 10 | 7,20 | 7,50 | | 7,35 | 2,42 | 2,33 | | 2,38 |
| 11 | 8,10 | 8,51 | | 8,31 | 2,79 | 3,23 | | 3,01 |
| 12 | 8,02 | 8,16 | | 8,09 | 2,89 | 3,39 | | 3,14 |
| 20 | 7,28 | 7,89 | | 7,59 | 2,32 | 2,51 | | 2,42 |
| 21 | 8,39 | 8,97 | 0,67 | 8,68 | 2,96 | 3,53 | 0,40 | 3,25 |
| 22 | 8,21 | 8,93 | | 8,57 | 3,02 | 3,46 | | 3,24 |
| 30 | 6,64 | 7,92 | | 7,28 | 2,30 | 2,80 | | 2,55 |
| 31 | 8,21 | 8,81 | | 8,51 | 3,20 | 3,53 | | 3,36 |
| 32 | 8,26 | 9,18 | | 8,72 | 3,30 | 3,39 | | 3,35 |
| 43 | - | 8,20 | - | 8,20 | - | 3,80 | - | 3,80 |
| a)SzD _{5%} | 0,42 | | - | 0,30 | 0,40 | | - | 0,28 |
| N | | | | | | | | |
| 1 | 7,77 | 8,06 | | 7,92 | 2,70 | 2,98 | | 2,84 |
| 2 | 7,96 | 8,60 | 0,58 | 8,28 | 2,77 | 3,16 | 0,23 | 2,97 |
| 3 | 7,70 | 8,63 | | 8,17 | 2,93 | 3,24 | | 3,09 |
| a)SzD _{5%} | 0,24 | | - | 0,17 | 0,23 | | - | 0,16 |
| P | | | | | | | | |
| 0 | 7,04 | 7,77 | | 7,40 | 2,35 | 2,54 | | 2,45 |
| 1 | 8,23 | 8,76 | 0,58 | 8,50 | 2,99 | 3,43 | 0,23 | 3,21 |
| 2 | 8,16 | 8,75 | | 8,46 | 3,07 | 3,41 | | 3,24 |
| a)SzD _{5%} | 0,24 | | - | 0,17 | 0,23 | | - | 0,16 |
| b) Átlag | 7,81 | 8,43 | 0,56 | - | 2,80 | 3,13 | 0,13 | - |

C.V = 3,7

C.V. = 9,5

tása nem érvényesülhetett közepes N-szolgáltatású talajunkon. Egyébként az évjárat száraz, aszályra hajló volt, a júniusi csapadék csupán 14 mm-t tett ki, nem kedvezett a nagyobb szemtermések kialakulásában.

Az egyes elemek közül a foszfor nagyobb adagja pótlólagos növekedést nem, sőt csökkenést jelzett tendencia jelleggel. A kálium termésmnövelő hatása következetesen érvényesült.

A kísérlet ötödik négyéves ciklusában a vetési sorrend kissé megváltozott: őszi búza, tavaszi repce, kukorica, borsó növényeket vetettünk.

Az őszi búza szemtermése 2,6 és 6,3 határokon belül mozgott az egyes kezeléseken (3. táblázat). Az évjáratra a meleg nedves jelleg volt a jellemző, az április - májusi csapadék mennyisége 108 mm volt. A különböző műtrágyázási kombinációk szemtermése egy kivétellel szignifikánsan meghaladta a kontroll szemtermését.

A műtrágyahatások valószínűségi szintjei (2. táblázat) erősen szignifikáns foszfor és NxP kölcsönhatást, alacsonyabb szintű nitrogén- és káliumhatásokat jeleztek. A N-műtrágyázás hatása az N_1 -szinthez képest kismértékben, de igazolható volt a 120 kg/ha adag alkalmazásakor. Megjegyzendő, hogy a kisebb N-hatás a borsó elővetemény-hatással magyarázható (SARKADI et al., 1984).

A P-műtrágyázás mind az 50, mind a 100 kg/ha dózisban igazolható szemtermés-növekedést biztosított a foszforral nem trágyázotthoz viszonyítva. A 100 kg/ha dózis pótlólagos hatása már nem jelentkezett a kisebb adaghoz képest. A K-műtrágyázás ebben a nedvesebb évjáratban szignifikánsan növelte a búza szemtermését.

A tavaszi repce nálunk kevésbé ismert és ritkán termesztett növény. Általában a hazai időjárási viszonyok kevésbé kedveznek a termesztésének. Az adott évben a szemtermés alacsony, 0,4 és 1,9 t/ha körüli szinten mozgott az alkalmazott műtrágyázási kezelésektől függően. A tápelemek közül a nitrogén és a foszfor alkalmazásának függvénye a nagyobb szemtermés. A nitrogén és a foszfor hatása erősebben, míg a káliumé kisebb mértékben volt igazolható. A nagyobb P- és N-adagok pótlólagos hatása viszont már nem eredményezett további szemtermés-növekedéseket.

A kukorica 1986-ban, a kísérlet 19. évében (3. táblázat) magas kontroll termés (5,9 t/ha) mellett a műtrágyázott kezelésben 8,7 t/ha szemtermést ért el. Valamennyi műtrágyázott kezelés szignifikáns termésobbleteket adott a kontrollhoz viszonyítva. A klimatikus viszonyok száraz meleg jelleget mutattak, a nyári félév (ápr.- szept.) csapadékösszege 219 mm-t tett ki és kevésbé van összhangban a kapott szemtermések nagyságával. Az F-értékek szerint (2. táblázat) a N- és a P-műtrágyázás hatása magas, a K-műtrágyázás 5 %-os szinten szignifikáns. Hasonlóan a NxP és NxK kölcsönhatások is statisztikailag igazolhatók voltak.

A nitrogén esetében a 100 kg/ha, a foszfornál az 50 kg/ha adagú műtrágyázásig termésmnövekedés mutatkozott. Azon felül már a csökkenés tendenciája

volt kimutatható. A kálium 100 kg/ha adagja szignifikánsan emelte a hozamokat.

A kísérlet huszadik évében, 1987-ben termesztett borsó szemtermése (3. táblázat) 2,4 t/ha-ról a műtrágyázás hatására 3,8 t/ha nagyságra emelkedett. A kontrollhoz viszonyítva igazolható többletterméseket csupán a foszforos kezeléseknél mértünk. Az év klimatikus körülményei kedvezőbbek voltak, ugyanis az április-május havi csapadék összege elérte a 144 mm-t. A műtrágyahatások azonosan érvényesültek, mint az előző rotációban, a foszfor és a kálium hatása erősen szignifikánsnak bizonyult. A nitrogén esetében csupán az igen magas 120 kg/ha adag okozott szignifikáns szemtermés-növekedést a 40 kg/ha N-adagú kezeléshez viszonyítva. A foszfornál a nagyobb adag pótlólagos hatása nem igazolható, viszont a kálium hatása N- és P-alapon folyamatosan kimutatható és igazolható.

Talajvizsgálatok

A tartamkísérletekben a harmadik rotáció végén parcellánként a szántott rétegben volt a talajmintavétel. A felvehető AL-oldható P- és K-tartalmakat a 4. táblázat tartalmazza. Ezt követően minden rotáció végén történt a talajmintavétel, amelyből az AL-oldható P- és K-tartalmak meghatározásra kerültek a folyamat nyomon követése céljából. Az eredményeket a 4. táblázatban adjuk meg.

Az elemzéssel azt a problémakört vizsgáltuk, hogy az alkalmazott műtrágyázás mennyiben szolgálja a talaj termékenységének fokozását, illetve fenntartását. Köztudott, hogy a talaj termékenysége a tápelem-ellátottság szintjének is függvénye. Ismeretes, hogy az ellátottság optimális szintjének kialakítása egyszeri nagyobb, vagy folyamatos talajgazdagító műtrágyázással oldható meg (KÁDÁR, 1983; LÁNG, 1979). Az egyéb, elsősorban közgazdasági viszonyok ismeretében LÁNG (1979) a fokozatos feltöltést tartja célravezetőnek az ország nagyobb részében. Jelen állapotban az elért optimális, sőt azt meghaladó ellátottság szintje csupán a termékenység fenntartását indokolja.

A felvehető AL-oldható P-tartalmak alakulása a két rotáció folyamán a 4. táblázatban látható. A kontroll- és P-hiányos, az 50 és 100, valamint a nagyobb 150 kg P_2O_5 /ha/év kezeléseknél vizsgálati adatai jó áttekintést adnak a változások irányáról, valamint mértékéről. A kiindulási (1979) P_0 -értékek a két ciklusban folyamatosan 68-ról 56 és 52 mg/kg értékekre csökkentek. Az 50 kg adag alkalmazásánál szintén csökkenés regisztrálható, 107-ről 98 majd 94 mg/kg nagyságokkal, erősen megközelítve a gyenge P-ellátottság felső határát. A 100 kg/ha/év adagú P-műtrágyázás már a 3. ciklus végére elérte a "jó" ellátottság szintjét. A vizsgált két ciklusban a kiindulási 165-ről 174 majd 193 mg/kg-ra nőtt az AL-oldható foszfor mennyisége.

Az ellátottság szintje továbbra is a "jó" határain belül maradt. A nagyadagú (150 kg P_2O_5 /ha/év) kezelésben a túlkínálat következtében a növekedés nagy volt. 196-ról 242, majd 306 mg/kg mértéket érte el a huszadik évében. Ez azt jelentette, hogy a jóról az igen jó szintre emelkedett a P-ellátottság.

4. táblázat
A műtrágyázás hatása a talaj AL-oldható PK-tartalmára a kísérlet 3., 4. és 5. ciklusa végén (Mészlepedékes csernozjom, Nagyhörcsök)

| (1) NP | 1979 | | | 1983 | | | 1987 | | |
|---|----------------|------------------|----------------------|----------------|------------------|----------------------|----------------|------------------|----------------------|
| | K ₀ | K ₁₀₀ | ⁽²⁾ Átlag | K ₀ | K ₁₀₀ | ⁽²⁾ Átlag | K ₀ | K ₁₀₀ | ⁽²⁾ Átlag |
| <i>AL-P₂O₅, mg/kg</i> | | | | | | | | | |
| 00 | 70 | | 70 | 54 | | 54 | 48 | | 48 |
| 10 | 67 | 77 | 72 | 59 | 58 | 58 | 43 | 59 | 51 |
| 11 | 113 | 105 | 109 | 100 | 100 | 100 | 89 | 92 | 91 |
| 12 | 175 | 156 | 166 | 189 | 169 | 179 | 183 | 219 | 201 |
| 20 | 64 | 71 | 68 | 52 | 53 | 52 | 51 | 52 | 52 |
| 21 | 101 | 92 | 96 | 94 | 95 | 94 | 90 | 88 | 89 |
| 22 | 157 | 169 | 163 | 188 | 165 | 177 | 188 | 179 | 184 |
| 30 | 63 | 73 | 68 | 52 | 63 | 58 | 54 | 55 | 54 |
| 31 | 119 | 106 | 112 | 103 | 95 | 99 | 102 | 100 | 101 |
| 32 | 164 | 169 | 166 | 167 | 169 | 168 | 200 | 189 | 194 |
| a) SzD _{5%} | | 34 | 24 | | 49 | 35 | | 21 | 15 |
| 43 | | 196 | 196 | | 242 | 242 | | 306 | 306 |
| P0 | 64 | 73 | 68 | 54 | 58 | 56 | 49 | 55 | 52 |
| P1 | 111 | 103 | 107 | 99 | 97 | 98 | 94 | 93 | 94 |
| P2 | 165 | 165 | 165 | 181 | 168 | 174 | 190 | 196 | 193 |
| a) SzD _{5%} | | | 14 | | | 20 | | | 9 |

| (1) NP | K ₀ | K ₁₀₀ | ⁽³⁾ SzD _{5%} | K ₀ | K ₁₀₀ | ⁽³⁾ SzD _{5%} | K ₀ | K ₁₀₀ | ⁽³⁾ SzD _{5%} |
|---------------------------------|----------------|------------------|----------------------------------|----------------|------------------|----------------------------------|----------------|------------------|----------------------------------|
| <i>AL-K₂O, mg/kg</i> | | | | | | | | | |
| 00 | 250 | - | | 186 | - | | 139 | - | |
| 10 | 188 | 200 | | 180 | 266 | | 134 | 229 | |
| 11 | 169 | 213 | | 154 | 234 | | 135 | 225 | |
| 12 | 169 | 238 | | 177 | 246 | | 137 | 229 | |
| 20 | 163 | 300 | | 191 | 281 | | 136 | 227 | |
| 21 | 163 | 269 | | 178 | 276 | | 134 | 229 | |
| 22 | 188 | 206 | | 181 | 241 | | 134 | 235 | |
| 30 | 175 | 225 | | 187 | 305 | | 132 | 230 | |
| 31 | 150 | 206 | | 200 | 247 | | 134 | 227 | |
| 32 | 163 | 231 | | 239 | 269 | | 136 | 229 | |
| a) SzD _{5%} | | 64 | | | 70 | | | 8 | |
| 43 | | 206 | | | 263 | | | 229 | |
| b) Átlag | 170 | 232 | 51 | 187 | 263 | 54 | 135 | 229 | 7 |

A két nagyobb, 100 és 150 kg/ha adagú P-műtrágyázás az időszak alatt adagolt 800 és 1200 kg/ha P-műtrágya hatására évi 3,5 és 13 mg/kg AL-P₂O₅-készlet növekedési ütemet jelez. Kimutatható változások alapvetően a negatív, illetve a pozitív mérlegek következményei lehetnek.

A vizsgált két rotációban bekövetkezett AL-oldható K₂O-tartalmak változásait szintén a 4. táblázatban követhetjük nyomon.

A kísérlet talaja közép-kötött vályog, a felvehető kálium készlete viszonylag magas, a kiinduláskori állapot jó közepes ellátottságot mutatott.

A két rotációs időszak alatt a szántott rétegben 170-ről 135 mg/kg-ra esett vissza a káliummal nem műtrágyázott parcellákban a felvehető AL-oldható K₂O-készlet. A csökkenés a kísérlet 16-20. éveiben erősebb volt és megközelítette a "közepes" ellátottság alsó határát.

Az évi 100 kg/ha adagú K-műtrágyázás következtében az ötödik rotáció végére azonos maradt a felvehető K-készlet a nyolc évvel ezelőttivel. A vizsgált időszakon belül a negyedik rotációban ugyan növekedés mutatható ki, de az ötödik ciklusban a kiindulási értékre csökkent.

A változások alapvetően két okra vezethetők vissza: egyrészt a K-mérleg alakulására, másrészt a kálium vertikális jellegű mozgására.

Összefoglalás

A nagyhorcsóki mészlepedékes csernozjom nitrogénnel eredetileg közepesen, foszforral gyengén, káliummal közepesen - jól ellátott talajon, az Országos Trágyázási Kísérletek keretében beállított A17 jelű kísérlet 4. és 5. rotációjában vizsgáltuk a N-, P- és K-műtrágyázás hatását és kölcsönhatásait a természetett növények szemtermésére és a talaj "felvehető" AL-oldható P₂O₅- és K₂O-tartalmak változására.

- A N-műtrágyázás az 50 kg/ha szinthez viszonyítva az őszi búza, kukorica és tavaszi repce szemtermését szignifikánsan növelte.

- Az optimális N-szint a 100 kg/ha adag esetén jelentkezett, további adagok pótlólagos hatása nem, vagy nem szignifikánsan érvényesült.

- A P-műtrágyázás termésmenvelő hatása a P₀-hoz viszonyítva a búza, kukorica, tavaszi repce és a borsó szemtermésében valamennyi évben magas valószínűségi szinten szignifikáns volt.

- Az optimális P-adagnak már az 50 kg/ha/év szint bizonyult. A további növelés nem eredményezett szignifikáns szemtermés-növekedést, sőt a kukorica csökkenő tendenciát is mutatott.

- Az NxP kölcsönhatása a pillangós borsó kivételével változó valószínűségi szinten, szignifikánsnak bizonyult.

- A K-műtrágyázás hatása a K₀-hoz viszonyítva a borsónál magas, a búza, kukorica és a tavaszi repce szemtermésben alacsonyabb valószínűségi szinten volt szignifikáns.

- A KxN kölcsönhatás különösen a kukorica szemtermésben jelentkezett, amikor is az N-adagok emelkedése a K-hatást is növelte. A borsónál ez a hatás egyáltalán nem érvényesült.

- A KxP kölcsönhatások csupán a borsó és kukorica szemtermésnél voltak szignifikánsak, elsősorban a száraz meleg évjáratokban.

- A felvehető AL-oldható P_2O_5 -tartalom a P_0 és P_{50} szinten egyaránt csökkent nyolc év alatt 16 illetve 14 mg/kg értékkel. A talaj P-ellátottsága változatlanul gyenge illetve közepes maradt ezeken a szinteken.

- A P_{100} és P_{150} szinteken a talaj felvehető készlete 24 illetve 104 mg/kg értékkel gazdagodott a két rotáció alatt. Az ellátottság egyrészt "jó" maradt, illetve a nagyobb adagnál elérte az igen jó szintet.

- A talaj AL-oldható K_2O -tartalma a K_0 -szinten a negatív mérleg folytán a két rotációban 35 mg/kg értékkel csökkent, de továbbra is a közepes ellátottság színvonalán maradt.

- A K_{100} adagú kezelésekben a felvehető K-készlet a 4. rotáció végére jelentkező növekedés után csökkent az ötödikben, és végül gyakorlatilag azonos nagyságú maradt a 3. rotáció végén mért értékkel, ami jó-közepes ellátottságnak felelt meg.

A kapott termés és talajvizsgálati eredmények alapján megállapítható, hogy a termésmennyiség szempontjából a kielégítő P- és K-ellátottság, valamint a mérsékelt adagú műtrágyázás biztosítja a megfelelő táplálási feltételeket.

Irodalom

- CSATHÓ P. 1992. K és P hatások kukoricában meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan.* **41.** 241-260.
- CSATHÓ P., KÁDÁR I. & SARKADI J., 1989. A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. *Növénytermelés.* **38.** 69-76.
- DEBRECZENI B., 1992. A műtrágyázás ökológiai aspektusai. *Agrofórum.* **1.** 24-28.
- DEBRECZENI B. & DVORACSEK M., 1989. A foszfor hatása a talajra és az őszi búza termésére. *Agrokémia és Talajtan.* **38.** 337-348.
- DVORACSEK M. & LUKÁCS D-NÉ, 1989. Napraforgó műtrágyázási tapasztalatok az OMTK kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan.* **39.** 455-461.
- EGNER, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. *K. Lantbr. Högsz. Ann.* **26.** 199-215.
- KÁDÁR I., 1983. A foszfor és kálium mérleg, valamint a talajok foszforral és káliummal (AL-P, AL-K) való feltöltődése közötti összefüggések. Jelentés a MÉM Szakoktatási és Kutatási Főosztály részére.
- LÁNG G., 1979. Ammónium-laktát oldható foszfát mennyiség változása rendszeres műtrágyázás hatására különböző talajokon. *Agrokémia és Talajtan.* **28.** 417-430.

- SARKADI J. & BALLA A-NÉ, 1990. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. III. Kukorica-kísérletek. *Agrokémia és Talajtan*. **39**. 103-110.
- SARKADI J., BALLA A-NÉ & MIKLAYNÉ TUDÓS E., 1984. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. I. N és P műtrágyahatások őszi búza kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan*. **33**. 355-374.
- SARKADI J., BALLA A-NÉ & MIKLAYNÉ TUDÓS E., 1985. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. II. K-hatások az őszi búza kísérletekben. *Agrokémia és Talajtan*. **34**. 129-136.
- SARKADI J., KRÁMER M. & THAMM F-NÉ, 1965. Kalcium és ammónium-laktátos talajkivonatok P-tartalmának meghatározása aszkorbinsav-ónkloridos módszerrel melegítés nélkül. *Agrokémia és Talajtan*. **14**. 75-86.
- SZÜCS L., 1965. A mészlepedékes csernozjomok osztályozásának továbbfejlesztése és alkalmazása. *Agrokémia és Talajtan*. **14**. 153-170.

Érkezett: 1993. november 15.

Studies on the Effect of NPK Fertilization in Long-term Experiments on Pseudomycelial Chernozem Soil in the Mezőföld Region

B. LÁSZITTY and P. CSATHÓ

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

Summary

The effects and interactions of N, P and K fertilization on the grain yield of the crops and on changes in the AL-soluble P and K contents of the soil were studied in the 4th and 5th rotations of an experiment set up in Nagyhörcsök within the framework of the National Fertilization Trials on a pseudomycelial (calcareous) chernozem soil, originally moderately supplied with nitrogen, with low supplies of phosphorus and a medium to good supply of potassium.

- Compared to the 50 kg/ha level, nitrogen fertilization significantly increased the grain yield of winter wheat, maize and spring rape.

- The optimum N level was found to be 100 kg/ha; higher rates had no effect, or the effect was non-significant.

- The yield-enhancing effect of phosphorus fertilization compared to P_0 was significant at a high level of probability for the grain yields of wheat, maize, spring rape and peas in all years.

- The optimum rate proved to be 50 kg/ha/year. A further increase did not lead to a significant increase in grain yield, and even tended to reduce the yield of maize.

- The NxP interaction proved significant at various levels of probability for all crops except peas.
- The effect of potassium fertilization compared to K_0 was significant at a high level of probability for peas and at a low level for the grain yield of wheat, maize and spring rape.
- The KxN interaction was especially pronounced for maize grain yield, when a rise in N rates also increased the K effect. In peas this effect was not observed at all.
- The KxP interactions were only significant for the grain yields of peas and maize, particularly in dry, warm years.
- The AL-soluble P content declined at the P_0 and P_{50} levels by 16 and 14 mg/kg, respectively, over a period of 8 years. At these levels the P supplies of the soil remained poor or medium.
- At the P_{100} and P_{150} levels the available reserves increased by 24 and 104 mg/kg, respectively, over the two rotations. The supply level remained "good" at the lower rate and reached the "very good" level at the higher rate.
- The AL-soluble K content of the soil dropped by 35 mg/kg over the two rotations at the K_0 level due to the negative balance, but still represented a medium supply level.
- In the K_{100} treatments, the K reserves increased by the end of the 4th rotation, but declined in the 5th rotation until reaching practically the same value as was measured at the end of the 3rd rotation, which represented a good to medium supply level.

On the basis of the yield and soil analysis results it can be concluded that, from the point of view of yield quantities, the nutrient conditions required are a satisfactory supply of P and K and a moderate (approx. 100 kg/ha) rate of N fertilization.

Table 1. Trends in yield levels in an experiment on pseudomycelial chernozem soil (Nagyhörcsök). A. Winter wheat (GK-3) t/ha (86% dry matter) 1980, 13th year. B. Maize (Sze Sc 444) t/ha (86% dry matter) 1981, 14th year. C. Maize (Sze Sc 444) t/ha (86% dry matter) 1982, 15th year. D. Peas (IP 3) t/ha (86% dry matter) 1983, 16th year. (1) K level. (2) and a): $LSD_{5\%}$. (3) and b): Mean.

Table 2. Probability levels of the MQ values of the principle effects and interactions in the experiments (1980-1987). (1) Factor. (2) Winter wheat. (3) Maize. (4) Peas. (5) Spring rape. *Note:* Significant at the * $P=10\%$, * $P=5\%$, ** $P=1\%$, *** $P=0.1\%$ level; NS = non-significant.

Table 3. Trends in yield levels in an experiment on a pseudomycelial chernozem soil (Nagyhörcsök). A. Winter wheat (Mv 4) t/ha (86% dry matter) 1984, 17th year. B. Spring rape (Wester) t/ha (86% dry matter) 1985, 18th year. C. Maize (Pi 3732) t/ha (86% dry matter) 1986, 19th year. D. Peas (IP 3) t/ha (86% dry matter) 1987, 20th year. (1)-(3): see Table 1.

Table 4. Effect of fertilization on the available AL-soluble PK content at the end of the 3rd, 4th and 5th cycles of the experiment (pseudomycelial chernozem soil, Nagyhörcsök). (1) NP. (2) and b): Mean. (3) and a) $LSD_{5\%}$.