

Négy különböző talajtípuson végzett kukorica műtrágyázási kísérletek eredményei

¹SZÉLL ENDRE–¹BÚZA LAJOSNÉ–²GYŐRI ZOLTÁN

¹Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged

²Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma,
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Dolgozatunkban a kukorica műtrágyázásával foglalkozva két szabadföldi kísérlet eredményeiről számolunk be.

1. Négy éven át (1976–1979) négy különböző talajadottságot képviselő termőhelyen (Balástya, Ebes, Újszeged, Öthalom) kukoricával vetésváltás nélküli NPK dózis kísérletet állítottunk be. A műtrágya 2:1:1 NPK arányú dózisait (kontroll, 250 kg/ha és 500 kg/ha) minden évben négy ismétlésben azonos parcellákra (56 m²) juttattuk ki.

A termés mennyiségét, valamint a műtrágyázás termésmenvelő hatását a termőhely, s ezen túlmenően az évjárat hatása határozta meg. A kísérlet éveinek múlásával a termőhelyek átlagában következetesen csökkent a kontroll parcellák termése, és ezzel összefüggésben nőtt a műtrágyázás hatására kapott terméstartalom.

A kevés adatból végzett szórás számítás eredményei szerint a kontroll parcellákon a termőhely alig módosította az évjárat hatását. A műtrágyázás a kedvező vízelátottságot biztosító talajokon (Ebes, Újszeged) jelentősen csökkentette, ezzel szemben a rossz vízgazdálkodású talajon (Öthalom) – a műtrágyahatás csapadékviszonytól való függősége miatt – lényegesen növelte az évjárat hatását.

A termőhely hatásának évenkénti különbsége a kontroll parcellákon volt a legnagyobb, amelynek mértékét a műtrágyázás jelentős mértékben csökkentette.

2. Az 1979-ben beállított műtrágyázási tartamkísérletünk öt éves (2005–2009) terméstartalmai arra utalnak, hogy az újszegedi Tisza-menti réti öntéstalajon a műtrágyázás gazdaságossági és agroökológiai optimumát a hektáronkénti 140 kg nitrogén-, 150 kg

P_2O_5 és a 150 kg K_2O hatóanyag dózisosok jelentették (öt év átlagában a hektáronkénti 140 kg nitrogén dózis esetében 10,2 t/ha, a 210 kg nitrogén dózisonál ugyancsak 10,2 t/ha termést takaríthattunk be). A talajvizsgálati eredmények viszont arra utalnak, hogy ezen műtrágyakezelés parcelláin 1979-től 2006-ig eltelt időszakban az altalaj P_2O_5 készletének mérsékelt, a K_2O tartalmának jelentős mennyiségű csökkenése következett be.

Az adatok értékelése azt is bizonyítja, hogy műtrágya nélkül, vagy kevés nitrogén műtrágya használata esetén a búza elővetemény a kukoricához viszonyítva jelentős mennyiségű termésnövekedést (megbízhatóan 1,9 t/ha) eredményezett. A műtrágyázott parcellák termésadatai azt igazolják, hogy még a jó vízellátottságú talajon is jelentős évhataással kell számolnunk. Annak ellenére, hogy a szórásadatok szerint a műtrágyázással jelentősen csökkentettük az évenkénti termésingadozást.

A beltartalmi vizsgálatok adatai bizonyítják, hogy a N-dózis növelésére nem nagy értékekkel, de következetesen csökkent (a kontrollhoz viszonyítva 1–3 relatív százalékkal) a szem keményítőtartalma. Ezzel szemben a vizsgált három év átlagában a nitrogén dózis növelése következetesen és nagy értékekkel (a kontrollhoz viszonyítva 10–23 relatív százalékkal) növelte a kukoricaszem nyers fehérje százalékát.

A talajvizsgálati eredmények szerint műtrágya nélküli termesztéssel, vagy kevés műtrágya használata esetén a talajunk tápanyag készletét zsaroljuk. A túlzó mennyiségű nitrogén műtrágya (280 kg/ha N-hatóanyag) használatával viszont az altalajunkat $-NO_3$ nitrogénnel szennyezhetjük. Végző következtetésként azt állapíthattuk meg, hogy a talajvizsgálati eredményeken alapuló szakszerű műtrágyázással a környezetünket nem szennyezzük.

Kulcsszavak: kukorica műtrágyázása, tartamkísérlet, termőhely hatása, évjárat hatása, termés beltartalmi adatok, talajvizsgálati eredmények

Results of maize fertilizer trials conducted on four different soil types

¹E. SZÉLL-¹L. BÚZA-²Z. GYŐRI

¹Cereal Research Non-Profit Ltd., Szeged

²Debrecen University, Centre of Agriculture and Economic Sciences,
Institute of Food Processing, Quality Assurance and Microbiology, Debrecen

Summary

The results of two field trials related to maize fertilisation are presented in the paper.

1. A four-year fertilisation trial was conducted in four replicates with increasing doses of NPK in four locations representing four different soil types (Balástya, Ebes, Újszeged, Öthalom) with maize as a monocrop from 1976 to 1979. The input of fertilizer ranged from 0 (control) to 250 and 500 kg/ha respectively, with the NPK ratio 2:1:1, and it was applied each year to the same, 56 m² large plots.

The yield of the control and fertilised plots and the yield increasing effect of fertilisation were found to be determined by the location, and within that by the seasonal effect. The yield of the control plots declined over the average of locations and accordingly the yield benefit increased on the impact of fertilisation with the elapsing experimental years.

The standard deviation calculated from few data reflected that the seasonal effect was only slightly influenced by location. Fertilisation reduced the seasonal effect significantly on soils with good water capacity (Ebes and Újszeged) and increased it significantly on soils with bad water capacity (Öthalom), as the impact of fertilisation depends on precipitation.

The highest annual difference in the effect of location was observed on the control plots, the level of which was considerably reduced by fertilisation.

2. The past five-year results (2005–2009) of the long-term fertilisation trial started in 1979 were assessed in order to find the economic and agro-ecologic optimum of fertilisation for maize on meadow alluvial soil near the river Tisza in Újszeged. The following active ingredient rates proved to be ideal: 140 kg/ha nitrogen, 150 kg P₂O₅ and 150 kg K₂O. (The harvested yield was 10.2 t/ha both at the rate of 140 kg/ha and 210 kg/ha applied nitrogen). The soil sample analysis, however, reflected the fact that the fertiliser application at the stated rate leads to a reduction of P₂O₅ and K₂O supply of the soil in the long term, the reason of which is contributed to yields.

The data showed that maize grown after wheat produced a significantly higher yield with zero or low dose of fertiliser than after maize as the preceding crop. The results of fertilised plots show clearly that yield may be affected substantially by the season even on soils with good water capacity, despite the fact that according to the standard deviation, fertilisation significantly reduces the annual fluctuation in yield.

The analysis of grain composition confirmed that increasing N-doses corresponded to a minor and continuous reduction in the starch content of grains (1–3 relative percent compared to the control). Increasing rates of nitrogen, however, resulted in a major and constant increase of raw protein percentage in maize grains (10–23 relative percent compared to the control).

The data of soil sample analyses supported the fact that crops grown with zero or low dose of fertiliser impoverish the soil. Nevertheless, the excessive quantity of fertiliser (280 kg/ha N active ingredient) may pollute the subsoil with -NO_3 nitrogen. The data allow the conclusion that appropriate fertilisation based on soil sample analysis does not lead to environmental concerns.

Key words: maize fertilisation, long-term experiment, effect of location, seasonal effect, grain composition of yield, results of soil sample analysis

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kémia technológiai elemei a tápanyagellátás és a vegyszeres növényvédelem területén épül be a kukoricatermesztés agrotechnikájába.

A műtrágyázási tartamkísérletünket 1979-ben indítottuk. Építve a korábban 4 helyen végzett kísérleteink eredményeire, miszerint a termőhely jelentősen befolyásolja a műtrágyázás hatását és jövedelmezőségét. Célunk szerint jelenleg is azt vizsgáljuk, hogy a műtrágyázás miként hat a kukorica termésére és a szemtermés takarmányértékére, valamint a talaj legfontosabb tulajdonságaira.

A műtrágyázással foglalkozó kutatók megállapításairól *Kádár* (2009) és *Kádár et al.* (2009) cikkeiből ismerhetünk meg történelmi gondolatokat.

- A nitrogén felfedezése Rutherford (1772) munkájához köthető.
- Liebig (1840–1876) tévesen feltételezte, hogy a talaj nem tud nitrogént szolgáltatni, mert az csupán az atmoszférából „kölcsönzött” nitrogént tartalmazza.

Továbbá beszámol arról, hogy Boussingault hozta létre az első kísérleti állomást (Franciaország, Elzász), ahol a trágyázás és a vetésforgó kérdéseivel foglalkoztak. Kiemeli Liebig szerepét, aki ugyan nem végzett szabadföldi kísérleteket, annak ellenére az agrártudományt alkalmazott természettudománnyá avatta.

Kezdetben Gilbert (Liebig tanítványa) irányította az 1843-ban létesített Rothamstedi Kísérleti Állomás munkáját. Az ott végzett tartamkísérletek eredményei az agrokémiai és talajtermékenységi ismeretek fontos forrását jelentik.

Oroszországban Mengyelejev, Timirjazev és Prjanyisnyikov nevéhez köthetik a műtrágyázással kapcsolatos szabadföldi kísérletek végzése. Vizsgálták a műtrágyázás termésre és a talajra gyakorolt hatását. A trágyázás termésbefolyásoló hatásában felismerték a termőhely módosító szerepét.

Győrffy et al. (1965) könyvében ismerteti Kudzin és Gupaló adatait, amelyek az 1930–1958-ig végzett kutatásaik eredményeit tükrözik. A tartamkísérletben az istállótrágya (60 q/ha/év) és a műtrágya ($N_{40}P_{20}K_{40}$) termésre gyakorolt hatását vizsgálták kukorica monokultúrák termesztése esetén. A kontrollhoz viszonyítva mind az istállótrágya, mind a műtrágya termésnövekedést eredményezett. 1930–38 időszakban a műtrágya, az azt követő időszakban az istállótrágyázás termésnövelő hatása bizonyult nagyobbaknak.

Győrffy et al. (1965) 8 éves (1956–1963) vizsgálati eredményei alapján megállapította, hogy az istállótrágyázott kukorica termése egyik évben sem múlta felül a műtrágyázott kukorica termését.

Győrffy et al. (1965) könyvében ismerteti Cserháti és Surányi megállapításait, amelyek alapján a kukorica műtrágyázásának történetét illetően két fontos ismeretre tehetünk szert:

- Az 1900-as évek elején a kukorica a műtrágyázást koránt sem hálálta meg olyan mértékben és biztosan, mint a többi gabonaféle.
- Az 1900-as évek közepén a kukorica műtrágyázásának eredményessége bizonytalan volt, mert a műtrágya alkalmazásának pontos módszere még nem volt kidolgozva.

Könyvében *Győrffy et al.* (1965) ismerteti Sarkadi János 1956–1962 években végzett kísérleteinek eredményeit, s azok alapján tett megállapításait:

- A műtrágyahatásban a nitrogén szerepe a döntő.
- A 2:1:1 arányú NPK műtrágya hatása bizonyult a legeredményesebbnek.
- Minél nagyobb a területegységenkénti műtrágya felhasználás, annál kevésbé kell tekintetbe venni a természeti tényezők termésmódosító szerepét.

Jelenünkben a műtrágyák magas ára viszont azt mondatja velünk, hogy a termesztési műveletek esetleges hibáit többlet műtrágya felhasználásával nem célszerű ellensúlyozni.

A termesztési tényezők közül Gyórfy *et al.* (1965) Shubek, Caldwell és Dungan megállapításaival megegyezően a kukorica állománysűrűségének szerepét hangsúlyozza. A Martonvásáron 5 évig (1956–1960) végzett kísérleteinek eredménye alapján megállapította, hogy a hektáronkénti növényszám növelésével a műtrágyák hatását kétszeresére lehetett fokozni.

A hazai kutatásban nagy előre lépést jelentett, hogy Láng Géza akadémikus és az általa létrehozott szakmai bizottság megtervezte és létrehozta az egységes országos műtrágyázási tartamkísérletek (OMTK) hálózatát. Sajnos jelenünkben az országos kísérlet jelentőségét illetően kételkedő vélemények is kialakultak (Fodor *et al.* 2010).

A MÉM Növényvédelmi és Agrokémiaili Központ megbízására szakbizottság alakult, amely a gyakorlat számára elkészítette az N-, P-, K- műtrágyázási irányelveket tartalmazó kiadványt. Az irányelvek a termőhelyek, a talajok tápanyagkészletének, a reálisan tervezhető termés mennyiségétől függően és a módosító tényezők figyelembe vételével határozták meg a termesztett növény műtrágya hatóanyag igényét (Debreczeni 1979).

Debreceni Agrártudományi Egyetemen Bocz Ernő épített ki jelenleg is eredményesen dolgozó olyan iskolát, amely tudományos alapokon dolgozva hozott létre a gyakorlatban hasznosítható eredményeket.

A különböző genotípusú kukorica fajták és hibridek eltérő trágyareakcióját 4 év (1957–1960) alatt végzett kísérleti eredményei alapján már Gyórfy *et al.* (1965) is kimutatta. Jelenünkben a debreceni (Nagy J., Sárvári M., Pepó P., Vad A.) a martonvásári (Berzsenyi Z., Árendás T., Bónis P.) és a szegedi (Széll E.) kísérleti eredmények bizonyítják, hogy a különböző genotípusú hibridek a talajok természetes tápanyag készletét eltérően hasznosítják, továbbá, hogy a műtrágya dózisok növelésére eltérő mennyiségű terméstöbblettel reagálnak. Ezek az eredmények a hibridek termőhelyi ajánlásánál fontos ismereti hátteret jelentenek.

A mosonmagyaróvári, a keszthelyi, a martonvásári, a debreceni, a szarvasi és a szegedi eredmények rávilágítanak az elővetemények műtrágyahatásra gyakorolt szerepére. Továbbá arra, hogy a műtrágyázás miként befolyásolja a termés minőségét és a különböző talajok legfontosabb tulajdonságait.

Martonvásáron (*Berzsenyi* 2000) és Debrecenben (*Ványiné* 2008) a növekedésanalízis vizsgálatán túlmenően a SPAD-502 típusú klorofillmérő műszert alkalmazzák a növény nitrogénkoncentrációjának meghatározására. Az eredményeket a trágyázási szaktanácsadási rendszer továbbfejlesztése céljára tervezik felhasználni.

Fodor et al. (2010) arról számolnak be, hogy a Nemzetközi Foszfor Intézet anyagi támogatásával 1960 és 2000 között végzett tartamkísérletek adatbázisára alapozva költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszert hoztak létre.

Anyag és módszer

A kukorica műtrágyázási kísérletünk munkáit 1975-ben indítottuk. Öt termőhelyen állítottuk be azt az NPK dózis kísérletet, amelyet hat éven át 1980-ig végeztünk.

Az adatok egységes feldolgozásának lehetősége miatt e dolgozat írásához csak négy termőhely négyévi (1976–1979) eredményeit értékeltük.

1979-ben egy termőhelyen, Újszegeden tartamkísérletet indítottunk, melynek eredményeivel jelenleg is arra keressük a választ, hogy a műtrágya dózisának növelése miként hat:

- A különböző genotípusú kukorica hibridek és a búza termésének mennyiségére.
- A termés minőségére.
- A talaj legfontosabb tulajdonságaira.

Kísérletünket négy ismétléssel állítottuk be. A műtrágya blokkokat randomizáltuk. Azokon kukorica hibrideket parcellavetőgéppel sávosan vetettük. Búza tesztnövényként egy fajtát vetünk. Jelenleg az amerikai kukoricabogár kártételének megelőzése céljából vetésváltást alkalmazunk. Az eredményeink megbízhatóságát varianciaanalízissel ellenőriztük.

Kísérleti helyek talaja

Balástya. Szegedtől mért távolsága 23 km. Talaja jó humusz-, jó P_2O_5 - és közepes K_2O ellátottságú, mélyben karbonátos jó vízgazdálkodású homok. Ebes. Debrecentől mért távolsága 12 km. Talaja közepes humusz-, jó P_2O_5 és jó K_2O ellátottságú a hajdúsági löszháton kialakult jó vízgazdálkodású csernozjom.

Újszeged. Szegedtől mért távolsága 5 km. Talaja igen gyenge humusz-, igen jó P_2O_5 és közepes K_2O ellátottságú jó vízszolgáltató képességű lassan felmelegedő Tisza-menti réti öntéstalaj.

Öthalom. Szegedtől mért távolsága 6 km. Talaja jó humusz-, igen jó P_2O_5 - és jó K_2O ellátottságú sekély termőrétegű réti csernozjom. A 60–70 cm-es termőréteg alatt szikes altalaj található.

A kísérleti évek időjárása

1976. Átlagosnál melegebb és csapadékszegényebb időjárás uralkodott. A tenyészidő alatti csapadék megoszlása nagyon rossz volt.

1977. Az évet az átlagosnál kevesebb csapadékellátottság jellemezte. A tenyészidő alatti csapadékeloszlás viszont nagyon kedvező volt.

1978. Időjárása az átlagosnál hűvösebb és csapadékosabb volt.

1979-ben az időjárás az átlagosnál melegebb és csapadékszegényebb volt.

2005. évet átlagosnál jobb csapadékellátottság és átlagosnak megfelelő hőmérséklet jellemezte.

2006-ban átlagos csapadékellátottság és az átlagosnál melegebb időjárás volt az uralkodó.

2007. évet átlagosnál lényegesen rosszabb csapadékellátottság és melegebb (aszályos) időjárás jellemezte.

2008-ban áprilisban, júniusban és júliusban az átlagosnál több csapadék hullott. Az előző évi aszályos időjárás utóhatása, a májusi és az augusztusi átlagosnál kevesebb csapadék, valamint az átlagosnál magasabb hőmérsékleti értékek a kukorica számára kedvezőtlenek voltak.

2009. Az átlagosnál kevesebb csapadék és az átlagosnál melegebb időjárás kedvezőtlen hatását 2 alkalommal végzett (30–30 mm) öntözéssel ellensúlyoztuk.

Műtrágyakezelések

- 1976–1979-ig négy helyen végzett kísérletben.

NPK arány egységesen 2:1:1

NPK dózis kg/ha 0

250

500

- 1979-ben indított újszegedi tartamkísérletben az 1. táblázat adatai szerint. A termés beltartalmi és a talajminták laboratóriumi vizsgálatát a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumában végezték.

1. táblázat. Az 1979-ben Újszegeden beállított tartamkísérlet műtrágya kezelései

Kezelés jele (2)	Műtrágya hatóanyag kg/ha				
	(1)				
	N	P ₂ O ₅		K ₂ O	
1979-től (3)	1979-től 2006-ig (4)	2007-től (3)	1979-től 2006-ig (4)	2007-től (3)	
1	0	0	0	0	0
2	70	70	150	70	150
3	140	100	150	100	150
4	210	150	170	150	200
5	280	150	170	150	200

(5) A P₂O₅ és a K₂O hatóanyagok dóziséát 2007-től a talajvizsgálati eredmények miatt kellett növelnünk.

Table 1. Fertiliser treatments of the long-term fertilisation trial started in Újszeged in 1979. (1) Active ingredient of fertiliser, (2) Code of treatment, (3) From the year, (4) From 1979 to 2006, (5) After accomplished soil sample analysis, the rate of P₂O₅ and K₂O has been increased since 2007.

Kísérleti eredmények ismertetése

1. Balástyán, Ebesen, Újszegeden és Óthalmon végzett kísérletek eredményei

A 2. táblázat adatai a négy termőhely évenkénti termésadatait mutatják a műtrágyakezelések függvényében.

Az 1. ábrán a vizsgálati évek (1976–1979) átlagában kísérleti helyenként ismertetjük a szemtermés mennyiségét és a műtrágyázás hatását. A termőhelyek viszonylatában értékelve az adatokat megállapítottuk, hogy:

– A kontroll parcellák termései az öthalmi és az ebesi mezőségi talajon kis eltéréssel átlagos mennyiségűek voltak. A balástyai homoktalajon a kontroll termése az átlagostól 1,3 t/ha-ral maradt el. Ezzel szemben az újszegedi Tisza-menti réti öntéstalaj termése hektáronként 1,4 tonnával haladta meg az átlagot.

– A műtrágyázás termésmenvelő hatása a balástyai homoktalajon és az ebesi mezőségi talajon haladta meg az átlagos szintet. A műtrágyázás hatása Újszegeden a kontroll nagy termése miatt maradt el az átlagostól. Óthalmon a sekély termőréteg miatti kedvezőtlen vízellátottság okozta az átlagosnál lényegesen kisebb műtrágyahatást.

2. táblázat. A műtrágyázás hatása a kukorica termésének mennyiségére a négy különböző termőhelyen a kísérlet négy évében (1976–1979)

Kísérleti hely (1) és NPK dózis kg/ha (2) (A) NPK arány = 2:1:1 (3)	Szemtermés mennyisége t/ha a kísérlet éveiben (4) (B)				Átlag (5) SzD _{5%} (6) (A)
	1976	1977	1978	1979	
Balástya					
0	8,6	5,5	5,2	7,1	6,6
250	9,3	7,2	8,9	10,0	8,9
500	9,4	7,1	8,3	10,6	8,8
SzD _{5%} (A×B)		1,02			0,26
Ebes					
0	6,3	9,5	7,6	7,8	7,8
250	6,9	12,1	9,3	11,5	10,0
500	6,7	12,4	10,1	11,8	10,3
SzD _{5%} (A×B)		0,76			0,24
Újszeged					
0	10,4	11,1	8,4	7,1	9,3
250	10,6	11,1	9,7	11,0	10,6
500	10,5	10,5	10,5	11,7	10,8
SzD _{5%} (A×B)		0,83			0,26
Öthalom					
0	7,4	8,4	9,4	7,5	8,2
250	7,1	8,3	11,5	7,7	8,6
500	7,9	7,7	11,9	9,3	9,2
SzD _{5%} (A×B)		(0,68)			0,27
SzD _{10%} (A×B)		0,57			
Átlag (5)					
0	8,2	8,6	7,7	7,4	7,9
250	8,5	9,7	9,9	10,1	9,5
500	8,6	9,4	10,2	10,9	9,8

A tényező = NPK dózis, B tényező = kísérlet éve.

Table 2. The impact of fertilisation on the grain yield of maize at four different locations during four experimental years (1976–1979). (1) Location, (2) Rate of fertiliser, (3) NPK ratio, (4) Grain yield in the experimental years, (5) Average, (6) LSD. A factor = rate of fertiliser, B factor = experimental year.

- A kedvező termőhelyi adottságoknak tulajdoníthatóan az újszegedi és az ebesi kísérletekben lényegesen több termést takarítottunk be, mint a kedvezőtlen termőhelyi adottságú Balástyán és Óthalomon.

1. ábra. Szemtermés és a műtrágyázás hatása termőhelyenként a kísérleti évek átlagában (1976–1979)

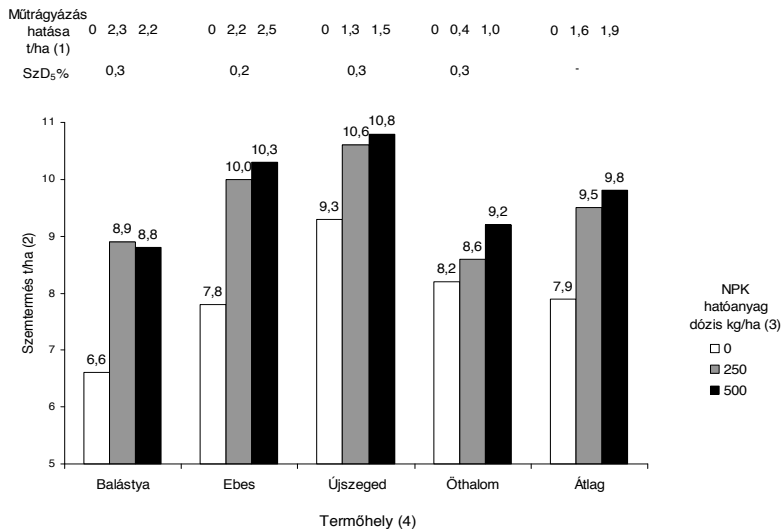


Figure 1. Grain yield and effect of fertilisation per location averaged over experimental years (1976–1979). (1) Effect of fertilisation, (2) Grain yield, (3) Rate of NPK active ingredient, (4) Location.

A 2. ábra oszlopdigramjai mutatják, hogy a kísérlet éveinek múlásával a termőhelyek átlagában következetesen csökkent a kontroll parcellák termése, és nőtt a műtrágyázás hatására kapott terméstöbblet.

A műtrágyázás termésmódosító hatását termőhelyenként és évenként elemezve bebizonyosodott, hogy (1. ábra, 3. táblázat):

- Balástyán az átlagosnál kisebb termés mellett a műtrágyázás termésmenvelő hatása minden évben meghaladta a termőhelyek átlagát.
- Ebesen a hűvös és csapadékos időjárású 1978-ban tapasztaltunk a termőhelyek átlagánál kisebb műtrágyahatást.
- Újszegeden az átlagosnál melegebb és csapadékszegényebb időjárású 1979-ben mutatkozott a termőhelyek átlagát lényegesen meghaladó műtrágyahatás.

- Öthalmon az átlagot 0,3 t/ha meghaladó kontroll termésszint mellett minden évben átlagon aluli műtrágyahatást tapasztaltunk (1. ábra, 3. táblázat). Ennek oka a sekély termőréteg kevés hasznos vízkészlete, amelyet az is megerősít, hogy Öthalmon az átlagosnál csapadékosabb és hűvösebb időjárású 1978-ban tapasztaltunk az átlagost megközelítő műtrágyahatást. Az átlagosnál aszályosabb 1976-ban és 1977-ben a műtrágyázás nem nagymértékűen (0,1–0,7 t/ha), de tendenciájában termésnövekedést okozott.

2. ábra. A kontroll termése és a műtrágyázás hatása a négyéves „tartamhatás” függvényében a kísérleti helyek átlagában

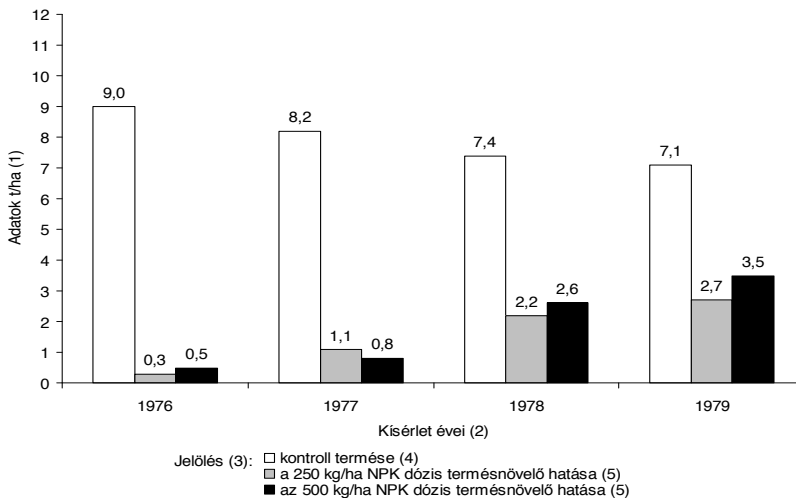


Figure 2. Yield of control and yield increase as affected by the four-year “long-term impact” of fertilisation averaged over locations. (1) Yield data, (2) Experimental years, (3) Notes, (4) Yield of control, (5) Yield increasing effect of NPK rate.

Kevés adatból végzett szórásszámítással vizsgáltuk, hogy a műtrágyázás miként módosította az évjárat és a termőhely hatását (3. ábra).

- A kontroll parcellákon az évjárat hatását a termőhely alig módosította.
- A műtrágyázás Ebesen és Újszegeden következetesen és jelentősen csökkentette az évjárat hatását. Balástyán csak kis mértékben mérsékelte. Öthalmon a másik három termőhellyel ellentétben a műtrágyázás jelentősen fokozta az évjárat hatását. Ennek oka az 1978. évi adatokkal (3. táblázat) hozható összefüggésbe, amikor is az átlagosnál hűvösebb és csapadékosabb időjárás eredményeként a műtrágyázás a kontrollhoz viszonyítva Öthalmon az előző

évekkel ellentétben jelentős mennyiségű (2,1 t/ha, 2,5 t/ha) termésnövekedést eredményezett.

- A termőhely hatása a kontroll parcellákon 1979-ben volt a legkisebb és 1977-ben a legnagyobb. Ezt az eredményt a kísérleti helyek talajának vízgazdálkodási tulajdonságára, valamint az egyes évek időjárási viszonyára és annak utóhatására vezethetjük vissza.

- A műtrágyázás jelentősen csökkentette a termőhely hatás évenkénti különbségét, s ezzel egyidejűleg javította a kukoricatermesztés termésbiztonságát.

2. Az újszegedi trágyázási tartamkísérlet 2005–2009 éves eredményei

2.1. A 4. ábra adatai szerint a vizsgált öt év átlagában a kontroll parcellákról 6,1 t/ha termést takarítottunk be.

Búza elővetemény után (2006 és 2009) a műtrágyakezelések és a termesztési évek átlagában hektáronként 1,9 tonnával szignifikánsan több termést takaríthattunk be, mint a kukorica előveteményt követően.

A búza elővetemény kedvező hatása (2006. és 2009. évek) a kontrollon és az alacsony szintű tápanyagellátásnál (N=70 kg/ha) mutatkozott meg erőteljesen.

2007-ben a rendkívüli aszályos időjárás miatt volt kevés a termés és alacsony szinten maradt a műtrágyázás termésnövelő hatása.

2008-ban feltételezhetően a 2007. év aszályos időjárás utóhatása miatt volt a termés az átlagosnál alacsonyabb, valamint a túlzó N-ellátás (280 kg/ha) termés-csökkentő hatása (0,9 t/ha) a legnagyobb.

Kísérletünkben a 140 kg/ha N, a 150 kg/ha P₂O₅ és a 150 kg/ha K₂O hatóanyag dózissal elértük a gazdaságossági optimumot (10,2 t/ha) jelentő termésszintet. A műtrágya hatóanyag dózisének további növelése (hektáronként 70 kg N, 50 kg P₂O₅ és 50 kg K₂O) a termesztési költséget fokozva nem eredményezett termésátlag növekedést. A 70 kg/ha N-dózis kezelés esetén viszont hektáronként 1,4 tonnával kevesebb termést kaptunk. A hozamérték csökkenés bizonyosan meghaladta a 206 kg 34%-os N-műtrágya beszerzési árát. A talajvizsgálati eredmények azt is bizonyították, hogy a hektáronkénti 70 kg N, 70 kg P₂O₅ és 70 kg K₂O hatóanyag mennyiségekkel a talajunk tápanyagtőkéjét csökkentjük. A N hatóanyag túladagolása (280 kg/ha) az öt év átlagában az SzD_{5%} értékét kis mértékben meghaladóan termés-csökkenést (0,4 t/ha, SzD_{5%}=0,3) okozott.

3. táblázat. A műtrágyázás termésmódosító hatása évente és termőhelyenként (a 2. táblázat adataiból számolva)

Termőhely (2)	Termésmnövekedés (t/ha) az NPK dózis (kg/ha) és a kísérlet éveinek függvényében (1)							
	250				500			
	1976	1977	1978	1979	1976	1977	1978	1979
Balástya	0,7	1,7	3,7	2,9	0,8	1,6	3,1	3,5
Ebes	0,5	2,6	1,6	3,7	0,4	2,9	2,5	4
Újszeged	0,2	0	1,3	3,9	0,1	-0,6	2,1	4,6
Öthalom	-0,3	-0,1	2,1	0,2	0,5	-0,7	2,5	1,8
Átlag (3)	0,3	1,1	2,2	2,7	0,5	0,8	2,6	3,5
Termőhelyek és az évek átlaga (4)	1,6				1,9			

Table 3. Effect of fertiliser on yield per year and location. (1) Yield increase as influenced by NPK rates and experimental years, (2) Location, (3) Average, (4) Average of locations and years.

3. ábra. Termőhelyenkénti évjárat (1976–1979), illetve az évenkénti termőhely hatás az NPK dózis függvényében kevés adatból végzett szórás számítás adatai szerint

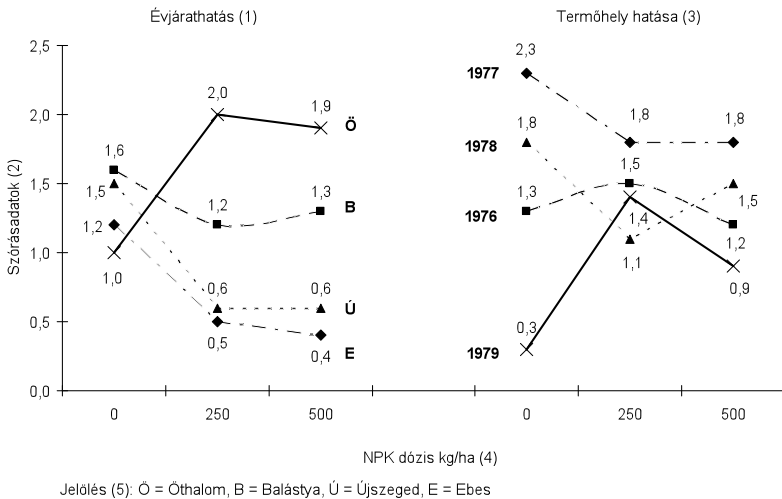


Figure 3. Seasonal effect per location (1976–1979) and annual effect of location as influenced by NPK rate calculated from the standard deviation of a few data. (1) Seasonal effect, (2) Data of standard deviation, (3) Effect of location, (4) NPK rate, (5) Notes.

4. ábra. Kukorica szemtermése a trágyázási tartamkísérletben (Újszeged 2005–2009)

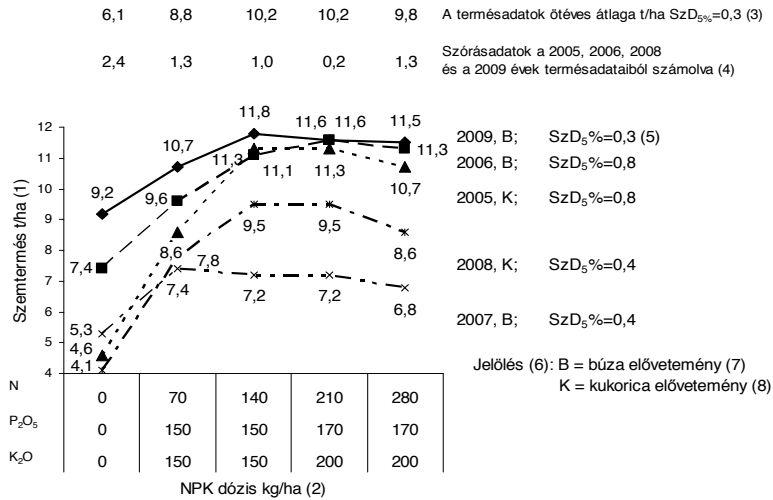


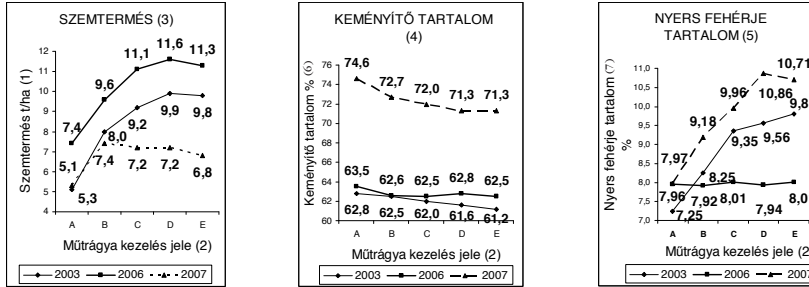
Figure 4. Grain yield of maize in the long-term fertilisation trial (Újszeged, 2005–2009). (1) Grain yield, (2) NPK rate, (3) Five-year average of yield data, LSD (4) Data of standard deviation calculated from the yield data in 2005, 2006, 2008 and 2009, (5) LSD, (6) Notes, (7) Precrop: wheat, (8) Precrop: maize.

A 4. ábrán feltüntetett szórásadatok bizonyítják, hogy a szakszerű műtrágyázással a termésszórás lényegesen csökkenteni tudjuk. Megjegyezni kívánjuk viszont, hogy a 2007. év rendkívüli aszályos időjárás miatti általános tendenciától eltérő termésadatait a szórás számításnál nem vettük figyelembe.

2.2. A műtrágyázás termés minőségére gyakorolt hatását a 2003, 2006 és 2007-ben gyűjtött minták laboratóriumi vizsgálati eredményei alapján értékeltük.

Megállapítottuk, hogy a 2007. évi kevés terméshez jó beltartalmi értékek társultak. Ezzel szemben a 2006-ban betakarított nagymennyiségű terméshez alacsony szintű minőségi mutatók tartoztak. A N-dózis növelése nem nagy értékekkel, de következetesen rontotta (a három év átlagában a kontrollhoz viszonyítva 1–3 relatív százalékkal) a szem keményítőtartalmát. Ezzel szemben azt tapasztalhattuk, hogy a 2006. év kivételével a N-dózis fokozása a nyersfehérje százalékát következetesen növelte. A 3 év átlagában a kontrollhoz viszonyítva a 210 kg/ha N-dózis a szem nyersfehérje tartalmát 23 relatív százalékkal fokozta (5. ábra).

5. ábra. A szemtermés keményítő és nyers fehérje tartalma a vizsgált 5 kukorica hibrid átlagában 2003, 2006 és 2007 években



Műtrágya kezelés jelölése (2)

	A	B	C	D	E
N	0	70	140	210	280
P ₂ O ₅	0	70	100	150	150
K ₂ O	0	70	100	150	150

Figure 5. Starch and raw protein content of maize grains averaged over five maize hybrids tested in 2003, 2006 and 2007. (1) Grain yield, (2) Code of fertiliser treatment, (3) Grain yield, (4) Starch content, (5) Raw protein content, (6) Starch content %, (7) Raw protein content %.

2.3. Műtrágyázás hatása a talaj legfontosabb tulajdonságaira az újszegedi tartamkísérletben. A vizsgálati eredményeket a 4. táblázat adatai mutatják.

A műtrágyadózis növelésével:

A felső talajrétegben (0–60 cm):

- Nőtt az Arany-féle kötöttségi szám és pH érték.
- Nem csökkent a humusztartalom.
- A műtrágyadózis és a termés mennyiségétől függően módosult a KCl-ben oldható NH₄-N és Al-K₂O tartalom; következetesen nőtt a nitrát-N és P₂O₅ tartalom.

Az alsó talajrétegben (61–260 cm):

- A műtrágyázás a kötöttségi számot (KA) érdemben nem módosította.
- 101–200 cm mélységben volt annyi humusz, mint a talaj felső rétegében.
- Következetes műtrágyahatást nem tapasztaltunk.
- A szakszerű műtrágyázás az altalaj pH értékét nem csökkentette.
- Az NH₄-N a műtrágyadózistól, terméstől függően módosult.
- A N-dózis fokozása mind a felső talajrétegben, mind az altalajban növelte az NO₃+NO₂ N mennyiséget.

4. táblázat. *Műtrágyázás hatása a talaj legfontosabb tulajdonságaira a 2006 őszen vett talajminták vizsgálati eredményei szerint*

A talajtulajdonság megnevezése (2)		1979-től 2006-ig évente kijuttatott műtrágya hatóanyag dózisa kg/ha (1)						
Talajréteg (3)		N	0	70	140	210	280	
Felső talajréteg 0-60 cm (4)		P ₂ O ₅	0	70	100	150	150	Átlag (16)
Alsó talajréteg 61-260 cm (5)		K ₂ O	0	70	100	150	150	
Arany-féle kötöttségi szám (6)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	44	50	51	51	49	49
	Altalaj átlagában (8)	-	67	-	71	-	69	69
Humusz % (9)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1
	Altalaj átlagában (8)	-	0,8	-	0,9	-	0,9	0,9
pH (desztillált vízben) (10)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	7,8	8,1	8,1	8,1	8,1	8,0
	Altalaj átlagában (8)	-	7,9	-	8,0	-	7,7	7,9
pH (KCl-ben) (11)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,1
	Altalaj átlagában (8)	-	6,7	-	6,8	-	6,8	6,8
KCl oldható NH ₄ N mg/kg (12)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	4,3	6,1	5,7	6,3	6,5	5,8
	Altalaj átlagában (8)	-	4,9	-	4,0	-	4,7	4,5

Folytatás a következő oldalon

4. táblázat folytatása

A talajtulajdonság megnevezése (2)		1979-től 2006-ig évente kijuttatott műtrágya hatóanyag dózisa kg/ha (1)						
Talajréteg (3)		N	0	70	140	210	280	
Felső talajréteg 0–60 cm (4)		P ₂ O ₅	0	70	100	150	150	Átlag (16)
Alsó talajréteg 61–260 cm (5)		K ₂ O	0	70	100	150	150	
NO ₃ +NO ₂ nitrát mg/kg (13)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	5,9	6,6	8,5	8,6	10,3	8,0
	Altalaj átlagában (8)	-	9,1	-	11,7	-	17,8	12,9
Al oldható P ₂ O ₅ mg/kg (14)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	178	199	220	242	250	218
	Altalaj átlagában (8)	-	81	-	73	-	105	86
Al oldható K ₂ O mg/kg (15)	Felső talajréteg átlagában (7)	-	197	212	225	211	261	221
	Altalaj átlagában (8)	-	207	-	167	-	255	210

Megjegyzés: Felső talajréteg 0–60 cm mélységig – mintavétel 10 centiméterenként. Altalaj 61–260 cm mélységig – mintavétel 20 centiméterenként.

Table 4. The impact of fertilisation on the most important soil properties based on the results of soil sample analyses in the autumn 2006. (1) Doses of fertiliser spread annually from 1979 to 2006, (2) Soil properties, (3) Soil layers, (4) Topsoil, (5) Subsoil, (6) Sticky point index of Arany, (7) In the average of topsoil, (8) In the average of subsoil, (9) Humus, (10) pH (in distilled water), (11) pH (in KCl), (12) KCl soluble NH₄N, (13) NO₃+NO₂ nitrate, (14) Al soluble P₂O₅, (15) Al soluble K₂O, (16) Average. Notes: Topsoil from 0 to 60 cm depth – samples were taken from each 10 cm. Subsoil from 61 to 260 cm depth – samples were taken from each 20 cm.

- Az N-hatóanyag extrém mennyisége (280 kg/ha) 120–240 cm mélységben NO₃+NO₂ N felhalmozódást okozott.
- Az altalaj P₂O₅ és a K₂O tartalma a műtrágyadózis és a termés mennyiségének függvényében módosult. A hektáronkénti 140 kg N esetén a nagy terméssel az altalajból több foszfort és káliumot vontunk ki, mint a kontroll parcella kevés termésével.

Következtetések

Az 1976–1979 években Balástyán, Ebesen, Újszegeden és Öthalmon vetésváltás nélkül, végzett műtrágyadózis kísérletünk eredményei alapján az alábbi megállapításokat tehetjük meg:

1. A termőhely talajadottsága és időjárási viszonya meghatározza a termés mennyiségét és a műtrágyázás hatását.
2. A termőhelyek átlagában a kísérleti évek múlásával következetesen csökkent a kontroll parcellák termése és fokozódott a műtrágyázás termésmenvelő hatása.
3. A szórás számítás adatai szerint az évjárathatás termőhelyek közötti különbsége a kontroll parcellákon volt a legkisebb. Ez azt bizonyítja, hogy egy termőhely előnyös tulajdonságai csakis a szakszerű tápanyag utánpótlás esetén érvényesülhetnek.
4. A műtrágyázás a jó vízgazdálkodású talajokon jelentősen csökkentette, ezzel szemben a rossz vízgazdálkodású talajokon lényegesen növelte az évjárat termésmódosító hatását.
5. A műtrágyázás jelentősen csökkentette a termőhely hatásának évenkénti különbségét, ami bizonyítja, hogy műtrágyázással csökkenteni tudjuk a kukorica termésmenget.

Az 1979-ben indított újszegedi trágyázási tartamkísérlet öt évi (2005–2009) termésadatai szerint a műtrágyázás gazdaságossági és agro-ökológiai optimumát egyaránt a 140 kg/ha N, a 150 kg/ha P_2O_5 , és a 150 kg/ha K_2O hatóanyag dózisoknál tapasztaltuk. A 140 kg/ha N dózison elért terméssel viszont csökkentettük az altalaj P_2O_5 és K_2O készletét, ami azt bizonyítja, hogy az ok-szerű műtrágyázásnál nem csak a terméseredményeket, hanem a talajvizsgálati adatokat is figyelembe kell venni (4. táblázat).

Az öt év eredményeinek összehasonlításában a kontrollon és a kevés nitrogén használatánál a búza elővetemény a kukoricához viszonyítva jelentős mennyiségű termésmenvelő hatást eredményezett. A szélsőségesen aszályos időjárás (1977) alacsony szintű termést okozott és vele egyidejűleg nem érvényesülhetett a műtrágyázás termésmenvelő hatása. A kísérleti eredmények azt is igazolták, hogy a szakszerű műtrágyázással a termésmenget jelentősen csökkenteni tudjuk. A kísérletünk eredményei szerint a nagy mennyiségű terméshez (2006) alacsonyabb értékű minőségi mutatók tartoztak, mint amelyek a kevés termés (2007) esetén tapasztaltunk. Az NPK műtrágyázás nem

nagy értékekkel (a kontrollhoz viszonyítva 1–3 relatív százalékkal), de következetesen rontotta a szem keményítőtartalmát. Ezzel szemben a növekvő N-hatóanyag dózisok jelentősen növelték (a kontrollhoz viszonyítva 10–23 relatív százalékkal) a szemtermés nyers fehérje százalékát.

A kísérletünk talajvizsgálati eredményei bizonyították, hogy műtrágya nélküli termesztéssel, vagy kevés műtrágya használatával a talajunk tápanyag készletét zsaroljuk. A túlzó mennyiségű nitrogén műtrágya használata esetén az altalajunk NO_3 tartalmát növelhetjük.

Végző következtetésként viszont megállapíthattuk, hogy a növény igénye alapján becsült mennyiségű szakszerű NPK műtrágyázással a környezetünket nem szennyezzük.

A P_2O_5 és K_2O laboratóriumi vizsgálati eredményei bizonyítják, hogy az okszerű műtrágyázás tervezéséhez a talajvizsgálati eredmények nélkülözhetetlenek.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat 2006-ig a Földművelésügyi Minisztérium közhasznú kutatási támogatásával végeztük. Ezt követően az NKF8 4/0008/2002 jelű, „Kukorica konzorcium” (Debreceni Egyetem AGTC), valamint az OMFB-00896/2005, „Gabonanövények tápanyagellátásának tartamkísérletekre, szaktanácsadási rendszerre alapozott optimalizálása és innovációja” (MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár) című pályázatok támogatásával végeztük.

IRODALOM

- Berzsenyi Z.*: 2000. A növekedésanalízis a növénytermesztésben. Növénytermelés. 49. 4: 389–404.
- Debreczeni B.*: 1979. Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Fodor N.–Csathó P.–Árendás T.–Radiszky L.–Horváth J.–Németh T.*: 2010. A fiatalkori növények tápláltsági állapotának értékelése a legelterjedtebb hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek tesztelésére beállított szabadföldi kísérletekben. Növénytermelés. 59. 1: 5–26.
- Győrffy B.–Iső I.–Böloni I.*: 1965. Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kádár I.*: 2009. Szabadföldi kísérletezés és az agrártudomány. Növénytermelés. 58. 4: 95–109.
- Kádár I.–Koncz J.–Ragályi P.*: 2009. A kémiai elemek légköri ülepedése és agronómiai/környezeti jelentősége. Növénytermelés. 58. 4: 17–43.

Ványiné Széles A.: 2008. The effect of crop year and fertilization on the interaction between the SPAD value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions. Cereal. Res. Commun. 36. 2: 1367-1371.

A szerzők levelezési címe - Address of the authors:

Dr. Széll Endre-Búza Lajosné
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.
Szeged
Alsó kikötő sor 9.
H-6726

Dr. Győri Zoltán
Debreceni Egyetem AGTC
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032