

## SZEMLE

### Kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán

#### Bevezetés

Az 1960-as éveket megelőzően hazai szakkörökben általános volt az a vélemény, hogy a kukorica általában rosszul reagál a műtrágyázásra kalászos növényeinkhez viszonyítva (CSERHÁTI, 1901; SIGMOND & FLÓDERER, 1905; GYULAI, 1911; KERPELY, 1911; LÁNG, 1954). Az azt követő évtizedek kutatásai és gyakorlati tapasztalatai alapján viszont egyértelművé vált, hogy e növény nagyobb termésszintjeivel együtt a legtrágyaigényesebb kultúráink közé tartozik (BALLÁNÉ, 1960; LÁNG, 1963; IATKO-VICSNÉ, 1963; SARKADI, 1963, 1975; GYORFFY, 1979a; LÁSZTITY et al., 1985; KÁDÁR, 1987a; DEBRECZENI & DEBRECZENI, 1994). A makrotápelemek közül legnagyobb terméstöbbletekkel a N-trágyázást hálálja meg a kukorica (NÉMETH & BUZÁS, 1991a,b; KÁDÁR, 1992; DEBRECZENI & DEBRECZENI, 1994; GYORFFY & BERZSENYI, 1994).

Egy-egy talajon a könnyen oldható tápelemtartalom és a termés közötti összefüggés különböző (telítési, másodfokú stb.) függvénykapcsolatokkal általában jól jellemezhető (di GLÉRIA, 1959). Egy adott talajvizsgálati módszer (pl. humusztartalom) és a különböző talajokon jelentkező tápelem- (pl. N-) hatások közötti összefüggés is kifejezhető ugyanakkor függvénykapcsolattal, ha független változóként a N-kontroll- (PK-) kezelések humusztartalmát, függő változóként pedig az egyes kísérletek terméstöbblettel (NPK-PK, t/ha), vagy relatív termékkel (PK/NPK, %) jellemzett N-hatásait ábrázoljuk (BRAY, 1944; ARNOLD & SCHMIDT, 1951; COOKE, 1972; FÜLEKY, 1999).

A talajvizsgálat–relatív termés kapcsolat módosított Mitscherlich-görbével jellemezhető BRAY (1944) szerint. BRAY (1944) megjegyzi, hogy a relatív termések kisebb szórást mutatnak, mint a terméstöbbletek. Ebből a szempontból alkalmasabbak különböző talaj- és időjárási viszonyok között is egy bizonyos talajvizsgálati módszerrel jellemzett tápanyag-ellátottság és a tápelem-hatás közötti összefüggés leírására, mint a terméstöbbletek. A relatív termések alkalmazását is feltételekhez köti: az adott növény vetésmódjának, területegységre jutó toszámának és termoképességének hasonlóknak kell lennie. Ezek a feltételek teljesülnek az 1960 és 2000 között beállított hazai kukorica N-trágyázási kísérletek döntő többségében is.

A hazai növényápolás gyakorlatában markáns változások történtek az elmúlt 40 év során: a növekvő N-műtrágya-használat enyhén N-túlsúlyt eredményezhetett az 1970-es, 1980-as években. Az 1990-es évek elején drasztikusan, 1/4-ére, 1/5-ére csökkent a hazai N-műtrágya-használat, 30–60 kg/ha-os negatív N-mérlegeket eredményezve (KÁDÁR, 1987b; CSATHÓ, 1994). Földművelésünk N-igényének becsléséhez kulcsfontosságú a hazai szabadföldi N-trágyázási tartamkísérletek eredményeinek szintézise. Jelen dolgozatban a kukoricakísérletek feldolgozásával ezt kíséreljük meg. Az oszi

búza (CSATHÓ, 2003a) és lucerna (CSATHÓ, 2003b) N-hatás kísérletek adatbázisát hasonló megközelítéssel értékeltük.

A hazai szabadföldi kukorica P-hatás (CSATHÓ, 2003c) és K-hatás (CSATHÓ, 1997) kísérletek adatbázisának értékelését szintén elvégeztük.

### Anyag és módszer

A hazai szakirodalomban talált 1960 és 2000 közötti szabadföldi kukorica N-hatás kísérletek adatbázisán kíséreltük meg a N-kontroll- (PK-) parcellák humusztartalma és a relatív termésben (PK/NPK, %), ill. a termésteöbbletekben kifejezett (NPK-PK, t/ha) N-hatások közötti összefüggéseket jellemezni. A relatív termésben kifejezett N-hatás (PK/NPK, %) azt jelzi, hogy az adott talajon N-trágyázás nélkül hány százalékos termést lehetett elérni.

Az adatbázisba azok a kísérletek kerültek be, amelyekben standard PK-alaptrágyázás mellett  $N_0$ -szint (N-kontroll), valamint a nitrogén növekvő adagjai is szerepeltek kezelésként, és a szerzők közlik a talaj szervesanyag-tartalmát is. Egy-egy kísérleten belül több N-szint esetén a legnagyobb jövedelmet biztosító (a maximális termés 95 %-ához legközelebb álló) N-kezelés termését vettük figyelembe a feldolgozásban (1. táblázat).

Az adatbázis segítségével lehetőség nyílik annak vizsgálatára is, hogy humusztartalom mellett a fizikai féleség (BALLENEGGER & DI GLÉRIA, 1962), a szántóföldi termohely (BUZÁS et al., 1979) és a talaj Nellátottsága (NÉMETH, 1996; CSATHÓ et al., 1998a,b) hogyan befolyásolják a N-hatásokat, az eltérő talajok természetes N-szolgáltatását. Az itt ismertetett kísérletek területén a kísérletek beállítása előtti időszakban ugyanis N-mutrágyázás nem, vagy csak a kísérletek egy kisebb részén (pl. egyes R-S kísérletek, BUZÁS et al., 1982) lehetett.

A szervesanyag- (humusz-) tartalmakat az adatbázisban szereplő kísérletekben TYURIN (1937) módszerével határozták meg (BALLENEGGER & DI GLÉRIA, 1962). A hazai osztályozási rendszernek megfelelően, a 30 alatti Arany-féle kötöttségi ( $K_A$ ) érték homok, a 31 és 36 közötti homokos vályog, a 37 és 42 közötti vályog, a 43 és 50 közötti agyagos vályog, és az 50 feletti agyag fizikai féleséget jeleznek (STEFANOVITS et al., 1999). A szántóföldi termohelyi besorolást BUZÁS és munkatársai (1979) szerint végeztük el. Ezek szerint az I. „Csernozjom talajok” termohelybe a csernozjom barna erdotalajok, az erdomaradványos csernozjomok, a kilúgzott csernozjomok, a mészlepedékes csernozjomok, a csernozjom réti talajok, a réti csernozjomok, a terasz-csernozjomok és a humuszkarbonát talajok; a II. „Barna erdotalajok” közé az agyagbemosódásos barna erdotalajok, a Ramann-féle barna erdotalajok, a karbonátmaradványos barna erdotalajok és a lejtőhordalék talajok; a III. „Kötött réti talajok” közé a réti talajok (kötöttek), az öntés réti talajok (kötöttek), a szolonyeces réti talajok, a lápos réti talajok, a homokos réti talajok és a pszeudoglejes barna erdotalajok; a IV. „Laza talajok” közé a futóhomok talajok (0,3 % humusztartalom felett), a humuszos homoktalajok, a kovárványos barna erdotalajok, a nyers öntéstalajok (homok) és a humuszos öntéstalajok (homok); és az V. „Szikesek” közé a réti szolonyec talajok, a sztyeppesedő réti szolonyec talajok, a szolóncsákos réti talajok, a lecsapolt, telkesített rétláptalajok (sós), illetve az erosen szolonyeces réti talajok kerültek. Az adatbázisban nem szerepelt a VI. Sekély termőrétegu, erodált, lejtős talajok termohely.

A feldolgozás során 127 tartamkísérletben 301 egyedi kukorica N-hatás kísérleti év adatait gyűjtöttük össze. A szakirodalomban talált, 1960 és 2000 között publikált hazai kukorica N-hatás kísérletek irodalmi forrásait, fontosabb paramétereit az 1. táblázatban közöljük. Az irodalomban talált kísérletek nagy része 4–8 vagy több éves tartamkísérlet volt. Az évjárat-hatások csökkentése érdekében feldolgozásunkban a N-hatásokat a tartamkísérletek 1–10. éveinek átlagában szerepeltetjük egy-egy kísérleten belül. Az „évjárat” nagyobb t/ha-ban kifejezett különbségeket hoz létre egy-egy termesztett növény átlagtermései között, mint egy adott éven belül az eltérő trágyázási szintek (NÉMETH, 1982; CSATHÓ et al., 1991; BERZSENYI, 1993; NAGY, 1995, NAGY & HUZSVAI, 1995; ÁRENDÁS et al., 2000). A rendelkezésre álló csapadék a kapás kultúrákban gyakran, a kalászosok esetében inkább csak az aszályos években nem fedezi a növények vízigényét Magyarországon (RUZSÁNYI, 1974; ANTAL 1986; SZÁSZ, 1987).

A kísérletek 10. év utáni eredményei azért nem szerepelnek feldolgozásunkban, mivel a N-kontroll-parcellák elszegényedése, valamint a nitrogént kapott kezelésekben a N-akkumuláció miatt a 2–4 éves kísérletekkel nem hasonlíthatók össze (NÉMETH & BUZÁS, 1991a,b; NÉMETH, 1996, 2000; IZSÁKI & IVÁNYI, 2002).

Nem kerültek be az értékelésbe az 1. táblázatban ismertetett kísérletek közül azok sem, amelyekben pillangós volt az elovetemény, illetve amelyekben a kísérlet beállítását megelőzően 3–4 éven belül évelő pillangós szerepelt (BUZÁS et al., 1982; KÁDÁR, 1992 stb.). Szintén nem kerültek értékelésre azok a kísérletek, amelyekben a kísérlet beállítása előtt 3–4 éven belül istállótrágyázás volt (BELÁK et al., 1968; BUZÁS et al., 1982), mivel ezek a tényezők befolyásolják a talajok természetes N-szolgáltató képességét, a várható N-hatásokat (NÉMETH, 1991; HOLLÓ, 1993; SARKADI, 1993; ÁRENDÁS & CSATHÓ, 1994; RAGASITS & KISMÁNYOKY, 2000; TÓTH & KISMÁNYOKY, 2000 stb.). Hasonló sorsra jutottak azok a kísérletek is, amelyekben gyenge N-reakciójú, szabadelvirágzású kukoricafajták (pl. Aranyözön) szerepeltek (BELÁK et al., 1968). Az esetek nagy részében ezek 1960 előtt beállított kísérletekben kerültek elvetésre. Az 1960-as évek elejétől foképpen martonvásári és szegedi, valamint később főleg amerikai és francia kukorica hibridek szerepeltek jelzőnövényként.

Ennek megfelelően, természetesen nem azonos az adatbázisban (1. táblázat) és az értékelésben (3. táblázat) szereplő tartamkísérletek száma. Sok esetben már a forrás cikkben is az egyes tényezők (pl. fajták) átlagában közlik az adatokat. Amikor csak lehetséges volt, mi is összevonásokat alkalmaztunk. A feldolgozásba a fentiek figyelembe vétele után 69 kukoricakísérlet került. A grafikus ábrázolásból a függvényillesztés során további 1 kukoricakísérletet kizártunk, mivel az kiugró adatnak bizonyult.

Azokban az értékelésbe bevont kísérletekben, ahol az N-kontroll- (PK-) kezelés termése nagyobb volt, mint a maximális termés 95 %-át adó NPK-kezelésé, a N-kontroll termését tekintettük gazdaságos termésszintnek. Ebből következően, ezekben a kísérletekben a gazdaságos terméshez kapcsolódó N-adagot 0 kg/ha-nak, a relatív termést (100 PK/NPK, %) 100 %-nak, és a terméstöbbletet (NPK-PK, t/ha) 0,00 t/ha-nak tekintettük. Hasonlóan jártunk el, amennyiben a N-kontroll termése elérte, vagy meghaladta a kiválasztott NPK-kezelés 95 %-át (3. táblázat). A grafikus ábrázolásban csak ott alkalmaztunk korrekciót, ahol a N-kontroll- (PK-) kezelés termése meghaladta az NPK-kezelését (1. ábra). Ez a korrekció csupán a kísérletek egy kis részét érintette.

A N-kontroll- (PK-) parcellák talajának humusztartalma és a relatív termésben (100 PK/NPK, %) kifejezett N-hatások kapcsolatának leírására a BRAY (1944) által módosított Mitscherlich-függvényt [ $Y' = 100(1 - 10^{-cx})$ ], a humusztartalom és a terméstöbble-

## 1. táblázat

A szakirodalomban talált hazai kukorica N-trágyázási tartamkísérletek irodalmi forrásai, a talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban

Kísérleti hely	Talajtípus	Irodalmi forrás
<i>Homoktalajok</i>		
Kenyeri	agyagbemosódásos barna erdőtalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Kisvárd	kovárványos barna erdőtalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Mérk	humuszos homok	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Nagykálló	barna erdőtalaj	LATKOVICSNÉ, 1967a, 1979a (I; 8), 1967b (III; 3), 1979b (I; 5)
Nemesgulács	barna erdőtalaj	MÁRTON et al., 1988 (I; 1)
Nyíregyháza	kovárványos barna erdőtalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2);
Órbottyán	humuszos homok	LAKATOS, 1967 (II; 2); NÉMETH & BUZÁS, 1991a (I; 2)
Óreglak	barna erdőtalaj	LATKOVICSNÉ, 1967a (I; 4), 1967b (II; 2), 1979b (I; 1)
<i>Homokos vályogtalajok</i>		
Gyulatanya	humuszos homok	MÁRTON, 1970 (III; 3)
Kecskemét	meszes csernozjom	PROHÁSZKA & GURAB, 1974 (I; 1)
Keszthely	Ramann-féle barna erdőtalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2); KISMÁNYOKI et al., 1989 (I; 1); LÁNG & NÉMETH, 1977 (II; 8); NÉMETH et al., 1989 (IV; 23)
Rinyatamási	agyagbemosódásos barna erdőtalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
<i>Vályogtalajok</i>		
Bicsérd	csernozjom barna erdőtalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Iregszemese	mészlepedékes csernozjom	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Józsa	öntéstalaj	MÁRTON, 1970 (I; 1)
Martonvásár	erdőmaradványos csernozjom	ÁRENDÁS et al., 1998 (I; 6); BERZSENYI, 1988 (I; 4), 1992 (II; 10), 1993 (I; 12); GYÖRFFY, 1979b (I; 15); HUSSEIN, 1969a (III; 3), 1969b (III; 3); I'SÓ, 1966 (I; 2), 1969 (I; 1); KRÁMER, 1966 (II; 6)
Mosonmagyaróvár	vályogos Duna öntéstalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Nagyhőrcsök	mészlepedékes csernozjom	BUZÁS et al., 1982 (II; 2); KÁDÁR, 2000 (I; 1); LATKOVICSNÉ, 1967a (I; 4), 1967b (III; 3), 1976 (I; 8), 1979b (I; 3); NÉMETH & BUZÁS, 1991a (I; 2)
Nagyszentjános	régi csernozjom	BUZÁS et al., 1982 (II; 2)
Pesthidegkút	barna erdőtalaj	LATKOVICSNÉ & KRÁMER, 1968 (I; 4)

1. táblázat folytatása

Kísérleti hely	Talajtípus	Irodalmi forrás
Orosháza Tápiósele ?	régi csernozjom meszes réti csernozjom humuszos öntéstalaj	BUZÁS et al., 1982 (II; 2) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) KLENCZNER & VASS, 1977 (II; 8)
Abony Agyagosszergény Fülöpszállás Hajdúszoboszló Karácsond Kompolt	régi csernozjom lápos réti talaj meszes réti talaj réti csernozjom csernozjom barna erdőtalaj csernozjom barna erdőtalaj	<i>Agyagos vályogtalajok</i> BUZÁS et al., 1982 (II; 2) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) HARMATI, 1991, 1995 (I; 4) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) MAUL, 1967 (II; 4) BUZÁS et al., 1982 (II; 2); KRISZTIÁN & HOLLÓ, 1992 (I, 4); KRISZTIÁN et al., 1988 (I; 4); PEKÁRY, 1969 (I; 2) DEBRECZENI, 1985, DEBRECZENI & POSZA, 1983 (I; 5) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) LATKOVICSNÉ, 1967a, 1979a (I; 8), 1967b (III; 3), 1979b (I; 5) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) MIKLAYNÉ, 1986 (II; 12) BUZÁS et al., 1982 (II; 2); KADLICSKÓ & KRISZTIÁN, 1977 (I, 4); PEKÁRY, 1969 (II; 4)
Kondoros Mezőhegyes Mezőnagymihály Muronny Orosháza Putnok	régi csernozjom réti csernozjom réti csernozjom réti csernozjom réti csernozjom agyagbemosódásos barna erdőtalaj	DEBRECZENI, 1969 (I; 2) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) LÁNG & NÉMETH, 1979 (I; 3); NÉMETH, 1983 (I, 5); NÉMETH et al., 1989 (IV, 22) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) PROKSZÁNÉ et al., 1995 (I; 3)
Szecsárd Szentgyörgyvölgy	karbonátmaradványos barna erdőtalaj pszeudoglejes barna erdőtalaj	DEBRECZENI, 1969 (I; 2) BUZÁS et al., 1982 (II; 2); LÁNG & NÉMETH, 1979 (I; 3); NÉMETH, 1983 (I, 5); NÉMETH et al., 1989 (IV, 22) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) PROKSZÁNÉ et al., 1995 (I; 3)
Tiszaeszlár Újszeged	szikes talaj réti öntéstalaj	<i>Agyagtalajok</i> BUZÁS et al., 1982 (II; 2) BUZÁS et al., 1982 (II; 2) DEBRECZENI, 1969 (I; 1)
Hajdúböszörmény Szarvas Szarvas	régi talaj réti öntéstalaj szolonyeces réti talaj	

( ) : zárójelben: római számmal a tartamkísérletek száma; arab számmal: hány évben szerepel kukorica a tartamkísérletben belül

tekben (NPK-PK, t/ha) kifejezett N-hatások közötti összefüggés leírására a hiperbola függvényt [ $Y' = 1/(ax+b)$ ] találtuk a legmegfelelebbnek. Az illesztést a Curve Expert 1.3 programcsomaggal végeztük el, melyet az internetről töltöttünk le. A függvény mért és számított értékei közötti korrelációt ( $r$ ) Excel program segítségével magunk határoztuk meg, mivel megítélésünk szerint a Curve Expert 1.3. program a korrelációs koefficienseket ( $r$ ) nem helyesen adja meg.

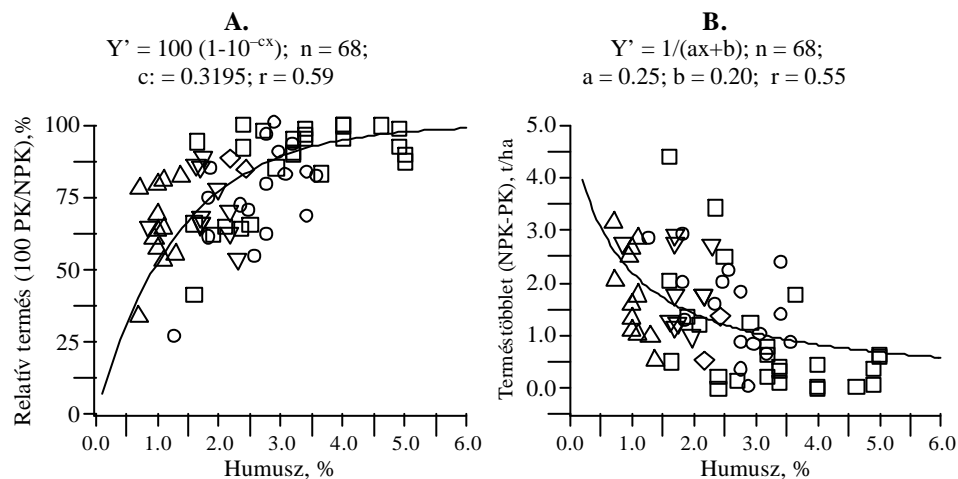
### Kísérleti eredmények és értékelésük

#### *A talaj szervesanyag-tartalma és a kukorica N-hatások közötti függvénykapcsolat leírása*

Két legfontosabb termesztett növényünk, az őszi búza és a kukorica együttesen a szántóterület több, mint 50 %-át foglalja el. A szakirodalomban publikált hazai trágyázási kísérletekben – súlyuknak megfelelően – szintén e két növényt találtuk legnagyobb számban.

A hazai trágyázási szaktanácsadási rendszerek jelentos része a talaj szervesanyag-tartalma és kötöttsége alapján határozza meg a talajok N-ellátottsági kategóriáit (BUZÁS et al., 1979; VÁRALLYAY et al., 1992; CSATHÓ et al., 1998a,b stb.) Az irodalomban talált hazai 1–10 éves szabadföldi kísérletek adatbázisán ezért tartottuk fontosnak leírni a talaj humusztartalma és a kukorica relatív termésben (100 PK/NPK, %), illetve terméstöbbletben (NPK-PK, t/ha) kifejezett N-hatásainak függvénykapcsolatát (1A. és 1B. ábra). Az ábrán egy-egy pont egy-egy 1–10 éves tartamkísérletet reprezentál.

A BRAY (1944) által módosított Mitscherlich-függvény az alábbiak szerint értelmezhető:  $Y' = a$  a relatív termésben (100PK/NPK, %) kifejezett N-hatás (amely azt jelzi, hogy N-trágyázás nélkül az adott talajon hány százalékos termést kapnánk) az „x”



1. ábra

Összefüggés a talaj humusztartalma és a kukorica relatív termésben (A) és terméstöbbletben (B) kifejezett N-hatásai között a hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán, 1960–2000

humusztartalmú talajon, a „c” konstans érték (Mitscherlich-féle „hatótényező”). BRAY (1944) Mitscherlich-hez hasonlóan megállapítja, hogy az eltérő trágyareakciójú növényekben a „c” hatótényező értéke más és más, nem általánosítható. A hazai N-hatás kísérletek adatbázisára kapott „c” hatótényező kukorica esetén 0,3195 volt. Az őszi búza kísérletekben megállapított, valamint a pillangós N-gyűjto lucernakísérletek adatbázisában kapott „c” értékeket CSATHÓ (2003a,b) publikációiban tanulmányozhatjuk, ill. végezhetünk összehasonlításokat. Az illeszkedés szorosságát jelző korrelációs koeficiens kukorica esetén (0,59) közepes erősségűnek bizonyult (1A. ábra).

A relatív termések (100 PK/NPK,%) – amelyek azt mutatják, hogy N-trágyázás nélkül hány százalékos termést lehetett az adott talajon elérni – 25 és 100 % között alakultak, jelezve a kukorica N-igényes voltát. Nitrogén nélkül a legkisebb százalékos terméseket általában a homok- és homokos vályog-, középest a vályog-, és legnagyobb az agyagos vályog- és agyagtalajokon lehetett elérni. A növekvő talaj szervesanyag-tartalommal tehát általában az adott talaj jobb N-szolgáltató képessége járt együtt. A függvénykapcsolat közepes szorossága ugyanakkor felhívja a figyelmet termesztett növényeink N-igényének más módszerekkel – mint pl. az  $N_{min}$  (NÉMETH, 1996), a könnyen mineralizálható, ill. hidrolizálható szerves-N (FILEP & TÓTHNÉ BÍRÓ, 1980; GYORI et al., 1990), és a diagnosztikai célú növényanalízis (ELEK & KÁDÁR, 1980; BERGMANN & NEUBERT, 1976, JONES, 1967 stb.) – való pontosításának szükségességére.

A talajok humusztartalma és a terméstöbbletekben (NPK-PK, t/ha) kifejezett N-hatások közötti összefüggés leírására a hiperbola függvényt [ $Y' = 1/(ax+b)$ ] találtuk a legalkalmasabbnak, ahol  $Y'$  = az „x” szervesanyag-tartalmú talajon nitrogén hatására kapott terméstöbbség, „a” és „b” konstansok. Az „a” értéke kukorica esetében 0,25, míg a „b” értéke 0,20 volt. A „b” konstans határozza meg, hogy  $x = 0$  esetén a függvény hol metszi az y tengelyt. Kukorica esetén ez az 5 t/ha terméstöbbség értékeknél következik be. Az összefüggés közepesen szoros volt ( $r = 0,55$ ) (1B. ábra).

A kukoricaszemtermés-többletek 0,0 és 4,5 t szem/ha értékek között változtak. A legnagyobb terméstöbbleteket általában a 2 % szervesanyag-tartalom alatti humuszos homok- és homokos vályogtalajokon kaptuk. A talaj humusztartalmának növekedésével egyre kisebbek lettek a terméstöbbletek (1B. ábra). Hasonló, a növekvő humusztartalommal együtt járó javuló N-szolgáltatásról számolt be ÁRENDÁS és CSATHÓ (1994) a hazai, a hatóanyag-azonosság elvén beállított szabadföldi szerves- és műtrágyahatás összehasonlító kísérletek adatbázisának értékelése során.

## 2. táblázat

A hazai szabadföldi N-hatás kísérletek adatbázisában kapott összefüggéseken alapuló új N-ellátottsági kategóriák N-igényes (nem pillangós) növénycsoportra, a talaj szervesanyag-tartalma alapján

Fizikai féleség	N-ellátottsági kategóriák (humusz % alapján)					
	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Igen jó	Túlzott
Homok	= 0,60	0,61–1,20	= 1,21	–	–	–
H. vályog	= 1,40	1,41–2,00	2,01–2,60	= 2,61	–	–
Vályog	= 1,80	1,81–2,40	2,41–3,20	3,21–3,80	= 3,81	–
A. vályog	= 2,00	2,01–2,60	2,61–3,40	3,41–4,00	4,01–4,60	= 4,61
Agyag	= 2,20	2,21–2,80	2,81–3,60	3,61–4,20	4,21–4,80	= 4,81

A fenti összefüggésekre alapozva a N-igényes nem pillangós növényekre a humusztartalom alapján új N-ellátottsági határértékeket dolgoztunk ki (2. táblázat).

Az adatbázisban szereplő kísérletek N-ellátottságát a további értékelés (ld. 3. táblázat) céljából a 2. táblázat alapján állapítottuk meg. Homoktalajokon a közepes, homokos vályogon a jó, míg vályog fizikai féleségű talajokon az igen jó ellátottságig láttuk indokoltnak a határértékeket kiépíteni. Az agyagos vályog féleségtől kezdve a növekvő humusztartalommal együtt már a túlzott N-ellátottság bevezetését is indokoltnak láttuk. A fenti határértékeket beépítettük új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaknácásadási rendszerünkbe (CSATHÓ et al., 1998a,b).

*Átlagos N-hatások kukoricában a humusztartalom, a fizikai féleség, a szántóföldi termohely és a N-ellátottság függvényében*

4.429 ezer ha hazai szántóterületen 1 % alatti szervesanyag-tartalmat a terület 8 %-án, 1 és 2 % közöttit 28 %-án, 2 és 3 % közöttit 33 %-án, 3 és 4 % közöttit 24 %-án, és 4 % feletti humusztartalmú talajokat a terület 6 %-án találunk (STAGEK, 1989). Az alacsony szervesanyag-tartalmú homoktalajok az ország délnyugati, középso, és keleti részén, míg a legnagyobb humusztartalmú agyagtalajok az ország délkeleti régiójában helyezkednek el (VÁRALLYAY et al., 1980; BARANYAI et al., 1987).

A talaj szervesanyag-tartalma – a mineralizációval jelentkező N-szolgáltatáson túl – kedvező hatást gyakorol a talaj kationcseréző kapacitására, vízgazdálkodására, a talaj tömörödésére, a talajaggregátumok stabilitására, és a mikrotápelemek adszorpciójára, ill. szolgáltatására is (BAVER, 1968). Jól ismert, hogy mind a kalcium, mind a vas a huminsavakkal finom eloszlású csapadékhátrát képezhet az agyagásványok felületén (FILEP, 2002; FÜLEKY, 1999). A szerves anyagnak fontos szerepe van erosen savanyú talajokon a talajoldat Al-koncentrációjának mérséklésében is (FILEP, 1988).

A 69 kukorica N-hatás tartamkísérlet döntő többsége az 1 és 4 % közötti humusztartalmú talajokon került beállításra. Az 1–2 %, a 2–3 %, és a 3–4 % közötti humusztartalmú talajok csaknem azonos súllyal szerepelnek az adatbázisban. A hazai 1960 és 2000 közötti szabadföldi kísérletekben kukoricában – az irodalommal egyezően – nagyobbak voltak a N-hatások, mint oszi búzában (CSATHÓ, 2003a) (3. táblázat).

Szintén – főleg a kis humusztartalmú talajokon – nagyobbak voltak a kukorica maximális gazdaságos terméséhez szükséges N-adagok, mint a búzakísérletekben. Az oszi búza kísérletekhez hasonlóan, a humusztartalommal együtt nőtt a Nkontroll- (PK-) parcellák termése, kivéve a 4 % feletti szervesanyag-tartalmú talajok esetében. Csaknem a negyedére csökkent a gazdaságos terméshez szükséges N-adag, és 2,2 t/ha-ról mintegy a nyolcadára (0,3 t/ha-ra) csökkent a termésteöbbletben kifejezett N-hatás (3. táblázat).

Nitrogén nélkül a 2 % humusztartalom alatti talajokon csupán 64–69 %-os termést, ezzel szemben a 3 % humusztartalom feletti talajokon 88–94 %-os termést lehetett elérni a teljes NPK-kezeléshez képest. Az 1 % alatti humusztartalmú homoktalajokra kijuttatott, a gazdaságos termést biztosító átlagosan 180 kg N/ha adag már környezetkárosodást okozhatott ezeken a NO<sub>3</sub>-leemosódásra amúgy is hajlamos talajokon (SZUCS, 1986, 1988; NÉMETH et al., 1987–1988; RUZSÁNYI et al., 1994; NÉMETH, 1996, 2000; ÁNGYÁN & MENYHÉRT, 1997; NÉMETH & KÁDÁR, 1999; IZSÁKI & IVÁNYI, 2002) (3. táblázat).



Fizikai féleségük szerint a 4 416 ezer ha szántóterületen a magyarországi talajok 13 %-a homok-, 15 %-a homokos vályog-, 20 %-a vályog-, 27 %-a agyagos vályog- és 25 %-a agyagtalaj (STAGEK, 1989). Ebben a felosztásban a homoktalajok a  $K_A = 30$ ; a homokos vályog- a 31–37; a vályog- a 38–42; az agyagos vályog- a 43–50, és az agyagtalajok a =51 Arany-féle kötöttségi értékekhez kötődtek.

## 3. táblázat

Átlagos N-hatások Magyarországon, szabadföldi kukoricakísérletekben a talajok humusztartalma, kötöttsége, szántóföldi termohelye és N-ellátottsága szerinti csoportosításban, 1960–2000

Tulajdon-ság	Kísér-letek száma, n	$K_A$	Hu-musz, %	N-ellátottság*	Adott N, kg/ha**	Szem, t/ha a N-kontrol-lon	Relatív termés, % (PK/NPK)	Termés-többlet, t/ha (NPK-PK)
<i>A talajok humusztartalma szerinti csoportosításban, %</i>								
= 1,00	8	28	0,90	1,9	181	4,16	64	2,18
1,01–2,00	20	37	1,59	1,9	134	4,49	69	1,82
2,01–3,00	20	43	2,52	2,6	90	4,66	78	1,29
3,01–4,00	16	43	3,48	3,6	70	6,62	88	0,87
= 4,01	5	44	4,89	6,0	48	5,44	94	0,32
Átlag	69	39	2,46	2,8	106	5,06	77	1,38
<i>A talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban</i>								
Homok	12	28	1,03	2,2	145	3,69	66	1,84
H. vályog	11	35	1,79	2,2	157	4,84	71	1,87
Vályog	18	39	2,72	2,9	99	5,02	74	1,54
A. vályog	26	46	3,23	3,3	74	5,77	87	0,88
Agyag	2	55	2,30	1,5	75	5,77	86	0,95
Átlag	69	39	2,46	2,8	106	5,06	77	1,38
<i>A termohelyi kategória szerinti csoportosításban***</i>								
I.	35	42	3,13	3,3	86	5,84	84	1,06
II.	21	34	1,49	1,9	119	4,21	70	1,71
III.	5	47	3,09	3,2	100	4,66	77	1,64
IV.	6	29	1,34	2,5	189	3,72	61	2,08
V.	2	50	2,69	2,0	75	5,43	89	0,65
Átlag	69	39	2,46	2,8	106	5,06	77	1,38
<i>A N-ellátottság szerinti csoportosításban</i>								
I. gyenge	7	44	1,58	1,0	125	3,88	63	2,05
Gyenge	26	36	1,60	2,0	145	4,62	72	1,77
Közepes	22	39	2,72	3,0	74	5,22	81	1,01
Jó	9	42	3,65	4,0	89	6,67	84	1,21
Igen jó	—	—	—	—	—	—	—	—
Túlzott	5	44	4,89	6,0	48	5,44	94	0,32
Átlag	69	39	2,46	2,8	106	5,06	77	1,38

Megjegyzés: \*1: igen gyenge; 2: gyenge; 3: közepes; 4: jó; 5: igen jó; 6: túlzott; \*\* A maximális gazdaságos terméshez (a max. termés ~ 95 %-a) szükséges N; \*\*\* I: Csernozjom talajok; II: Barna erdotalajok; III. Kötött réti talajok; IV: Laza talajok; V: Szikes talajok

A talajok fizikai félesége és a kukorica N-hatás kísérletek összefüggését az alábbiak szerint jellemezhetjük: A kísérletek legnagyobb számban vályog- és agyagos vályogtalajokon kerültek beállításra, kissé eltérve a hazai szántóterületek fizikai féleség szerinti eloszlásától. A kötöttséggel – az agyagtalajokat kivéve – együtt növekedett a humusztartalom. A fizikai féleség szerinti csoportosításban nitrogén nélkül a homok- és homokos vályogtalajokon 66–71 %-os, az agyagos vályog- és agyagtalajokon ezzel szemben 86–87 %-os terméseket lehetett elérni a teljes, NPK-kezeléshez képest. A homok- és homokos vályogtalajokon kapott 1,8–1,9 t/ha értékhez képest agyagos vályog-, ill. agyagtalajokon a felére (0,9–1,0 t/ha-ra) csökkentek a terméstöbbletben kifejezett N-hatások. A növekvő agyagtartalommal a felére (150–160 kg/ha-ról 70–80 kg/ha-ra) csökkent a gazdaságos terméshez szükséges N-mutrágya adag (3. táblázat).

A magyarországi talajok szántóföldi termohely szerint a 4 414 ezer ha szántóterületen az alábbi eloszlást követik: I. Csernozjomok. 35 %; II. Barna erdotalajok: 19 %; III. Kötött réti talajok: 28 %; IV. Laza talajok: 10 %; V. Szikes talajok: 4 %; és VI. Sekély termőrétegu talajok: szintén 4 % (STAGEK, 1989).

A kukorica N-hatás kísérleteknek több mint 50 %-a került az I. (Csernozjom talajok) termohelyen beállításra. Mint ismeretes, a középkötött réti csernozjomok is az I. termohelyi kategóriában szerepelnek a besorolás szerint. Ez a magas arány annál is inkább indokolt, mivel a mezőségi talajok a legjobb kukorica talajok (CSERHÁTI, 1901; BERZSENYI-JANOSITS et al., 1956; GYORFFY, et al., 1965; LÁNG, 1976; MENYHÉRT, 1985; BOCZ et al. 1992; SZIEBERTH & SZÉLL, 1998; ANTAL 2000) (3. táblázat). A II. „Barna erdotalajok” is átlag felett szerepelnek az adatbázisban. A III. „Kötött réti talajok” viszont az országos eloszlásnál jóval kisebb arányban szerepelnek kukorica N-hatás kísérletek az adatbázisban. Ezt a termohelyet nem soroljuk a jó kukorica talajok közé. Jobb minőségű IV. „Laza homoktalajok” és V. „Szikes talajok” az országos eloszlással arányosan szerepelnek a kukoricakísérletekben. N hatására hasonló kukorica-termés-többleteket kaptunk a II. (Barna erdotalajok), a IV. (Laza talajok) és a III. (Kötött réti talajok) termohelyeken. A jó N-szolgáltató mezőségi talajokon (I.) a másik három csoportnak csupán 50–60 %-át, az V. Szikes talajokon 30–40 %-át érte el a kukoricatermés-többletben kifejezett N-hatás. A maximális gazdaságos terméshez szükséges N-adag az V.–I.–III.–II.–IV. termohelyek sorrendjében növekedett. A laza homoktalajokra kijuttatott, a gazdaságos termést biztosító átlagosan 190 kg N/ha már környezetkárosodást okozhatott ezeken a NO<sub>3</sub>-leemosódásra amúgy is hajlamos talajokon (SZUCS, 1986, 1988; NÉMETH, 1996, 2000; NÉMETH & KÁDÁR, 1999; NÉMETH et al., 1987–1988; RUZSÁNYI et al., 1994) (3. táblázat).

A kísérleti talajok N-ellátottságát a 2. táblázatban közölt határértékük szerint határoztuk meg. A kukoricakísérletek 80 %-a igen gyenge, gyenge, illetve közepes N-ellátottságú talajon került beállításra, jól tükrözve a hazai talajok N-ellátottságának megoszlását. KÁDÁR (1997) becslése szerint ugyanis az egy évtizedes negatív N mérlegek eredményeképpen az 1990-es évek végére már hazai talajaink 40 %-a az igen gyenge–gyenge, szintén 40 %-a a közepes, míg csupán 20 %-a volt a jó–igen jó N-ellátottsági kategóriába sorolható (3. táblázat). A N-ellátottság javulásával együtt növekedett a talaj humusztartalma, és – a túlzott ellátottságot kivéve – a N-kontroll-parcellák termése. Ezzel ellentétes tendenciát mutattak a maximális gazdaságos terméshez szükséges N-adagok: a jó, illetve túlzott ellátottságon csupán fél–kétharmad annyi nitrogénre volt szükség a gazdaságos terméshez, mint az igen gyenge, illetve gyenge ellátottságon. Igen gyenge–gyenge N-ellátottság mellett 63–72 %-os, míg a jó,

illetve túlzott ellátottságon 84–94 %-os termést lehetett elérni nitrogén nélkül. A terméstöbbletekben is csökkenő tendencia volt tapasztalható a N-ellátottság javulásával (3. táblázat). Az itt kapott összefüggések is megerősítik új, környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszerünk N-ellátottsági határértékeinek helyes voltát (CSATHÓ et al., 1998a,b) (2. táblázat).

A 69 kukorica N-hatás tartamkísérlet átlagában az Arany-féle kötöttség 39, a humusztartalom 2,46 %, a N-ellátottsági értékszám 8,8, a gazdaságos terméshez szükséges N-adag 106 kg/ha, a N-kontroll-parcellák termése 5,06 t/ha volt, N-trágyázás nélkül 77 %-os termést lehetett elérni, és N-trágyázás hatására 1,38 t/ha terméstöbblet jelentkezett (3. táblázat).

### Következtetések

A hazai szabadföldi őszi búza (CSATHÓ, 2003a), kukorica és lucerna (CSATHÓ, 2003b) N-trágyázási tartamkísérletek eredményeinek szintézise alapján megállapíthatjuk, hogy a jelenlegi, a szántóterületre kijuttatott átlagosan mintegy 50 kg N/ha mutrágyahasználattal termesztett növényeink maximális gazdaságos terméshez szükséges N-igényét nem biztosítjuk, figyelembe véve a hazai igen alacsony állatsűrűségbol fakadó szerény szerves trágya-kijuttatást is. A hazai szabadföldi őszi búza (CSATHÓ, 2003a), kukorica és lucerna (CSATHÓ, 2003b) N-hatás kísérletek adatbázisán nyert összefüggéseket hasznosító új, költség- és környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszerünk alkalmazásával termesztett növényeink gazdaságos, és egyúttal biztonságos N-táplálása, a maximális gazdaságos terméshez szükséges N-adagok becslése biztosítható (CSATHÓ et al., 1998a,b; NÉMETH et al., 2001).

Jelen közlemény a T 30180 sz. OTKA pályázat és az OM -4/0030/2002 sz. NKFP pályázat támogatásával készült.

### Irodalom

- ANTAL E., 1986. Éghajlatváltozás, aszály, mezogazdaság. MTA előadás. Kézirat.
- ANTAL J., 2000. Növénytermesztok zsebkönyve. Falugazdász Könyvek. Budapest.
- ÁNGYÁN J. & MENYHÉRT Z., 1997. Alkalmazkodó növénytermesztés, ésszerű környezetgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.
- ÁRENDÁS T. & CSATHÓ P., 1994. Azonos NPK-hatóanyagú szerves- és mutrágyázás hatása a talajtulajdonságok függvényében. *Agrokémia és Talajtan*. **43**. 399–407.
- ÁRENDÁS T., SARKADI J. & BÓNIS P., 2000. Mutrágyák hatása az őszi búza méret szerint frakcionált mennyiségére és néhány minőségi jellemzőjére. *Növénytermelés*. **49**. 519–525.
- ÁRENDÁS T., SARKADI J. & MOLNÁR D., 1998. Mutrágyahatások kukorica–őszi búza dikuktúrában erdómaradványos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. **47**. 45–57.
- ARNOLD, C. Y. & SCHMIDT, W. A., 1951. Soil test as measure of phosphorus available to tomatoes on heavy soils. *Soil Science*. **71**. 105–115.
- BALLA A.-NÉ, 1960. A trágyázás hatása a kukorica termésére és táplálóanyag tartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. **9**. 307–322.
- BALLENEGGER R. & DI GLÉRIA J., 1962: Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- BARANYAI F., FEKETE A. & KOVÁCS I., 1987. A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BAVER, L. D., 1968. The effect of organic matter on soil structure. In: Organic Matter and Soil Fertility. 383–413. Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia 32. Città del Vaticano. North-Holland Publ. Co. Amsterdam and John Wiley & Sons, Inc. New York.
- BELÁK S., HORVÁTH GY.-NÉ & SIMON F., 1968. A műtrágyák gazdaságos felhasználásának vizsgálata vetésforgó keretében. Talajtermékenység. **3.** (2) 83–89.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P., 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BERZSENYI-JANOSITS L. et al., 1956. A kukorica termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BERZSENYI Z., 1988. A kukorica (*Zea mays* L.) harvest indexének változása a N-műtrágyázás, a növényszám és a tenyésztő függvényében. Elosztos közlemény. Növénytermelés. **37.** 229–238.
- BERZSENYI Z., 1992. A N-műtrágyázás és a növényszám hatása a kukorica (*Zea mays* L.) harvest indexének, biomassza produkciójának és szemtermésének változására az 1986–1990. években. Növénytermelés. **41.** 43–57.
- BERZSENYI Z., 1993. A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és a N műtrágya-reakciójára tartamkísérletben az 1970–1991. években. Növénytermelés. **42.** 49–62.
- BOCZÉ E. et al., 1992. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- BRAY, R. H., 1944. Soil–plant relations: I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions. Soil Science. **58.** 305–324.
- BUZÁS I., LOCH J. & BICZÓK GY., 1982. Az R-S oszi búza és kukorica kísérletek értékelő elemzése. MÉM NAK. Budapest. Kézirat.
- BUZÁS I. et al. (szerk.), 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. I–II. MÉM NAK. Budapest.
- COOKE, G. W., 1972. Fertilizing for maximum yield. Crosby Lochwood & Son, Ltd. London.
- Curve Expert 1.3. programcsomag. <http://www.ebicom.net/~dyhams/cvxpt.htm>.
- CSATHÓ P., 1994. A magyarországi talajok NPK mérlegei 1990-ben és 1991-ben. Növénytermelés. **43.** 551–561.
- CSATHÓ P., 1997. Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, oszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960–1990. Agrokémia és Talajtan. **46.** 327–345.
- CSATHÓ P., 2003a. Oszi búza N hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Növénytermelés. **52.** 41–59.
- CSATHÓ P., 2003b. Lucerna N hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Növénytermelés. **52.** (Megjelenés alatt).
- CSATHÓ P., 2003c. Kukorica P-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. Agrokémia és Talajtan. **52.** (Megjelenés alatt).
- CSATHÓ, P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T., 1998a. New, environmentally friendly fertiliser advisory system, based on the data set of the Hungarian long-term field trials set up between 1960 and 1995. Commun. Soil Sci. Plant Anal. **29.** 2161–2174.
- CSATHÓ, P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T., 1998b. New, environmentally friendly fertilizer recommendation system for Hungary. Bibliotheca Fragmenta Agronomica. **3.** 225–230.
- CSATHÓ P., LÁSZTITY B. & SARKADI J., 1991. Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. **40.** 339–351.
- CSERHÁTI S., 1901. Általános és különleges növénytermelés. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda. Magyar-Óvár.
- DEBRECZENI B., 1969. A műtrágyázás, az öntözés és a talajtípus néhány összefüggése a kukorica-termesztésben. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968. (Szerk.: Tóó, I.) 423–432. Akadémiai Kiadó. Budapest.

- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI K. (szerk.), 1994. Trágyázási kutatások 1960–1990. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- DEBRECZENI I., 1985. A kukoricában lévő növényi tápláló anyagok (NPK) energetikai értékelése. *Agrokémia és Talajtan*. **34**, 80–90.
- DEBRECZENI I. & POSZA I., 1983. A kukorica energetikai hatékonysága különböző trágyakezelések hatására. *Növénytermelés*. **32**, 269–278.
- DI GLÉRIA J., 1959. *Mezőgazdasági kémia*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ELEK É. & KÁDÁR I., 1980. Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK, Budapest.
- FILEP GY., 1988. *Talajkémia*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- FILEP GY. & TÓTHNÉ BÍRÓ Á., 1980. A talaj mineralizálható N tartalmának gyors meghatározása. *Agrokémia és Talajtan*. **29**, 245–250.
- FILEP T., 2002. A meszezés hatása a talaj vízdoldható szerves-szén- és szerves-nitrogén-tartamára. *Agrokémia és Talajtan*. **51**, 341–350.
- FÜLEKY GY., 1999. Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- GYORFFY B., 1979a. Fajta, növényszám és mutrágyahatás a kukoricatermesztésben. *MTA Agrártud. Oszt. Közlem* **38**, 309–331.
- GYORFFY B., 1979b. A kukoricaszár trágyahatásának vizsgálata tartamkísérletben, 1958–1974. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1968–1974*. (Szerk.: BAJAI J.) 243–249. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- GYORFFY B. & BERZSENYI Z., 1994. Növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére tartamkísérletben. In: *Trágyázási kutatások, 1960–1990*. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI K.) 311–312. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- GYORFFY B., I'SÓ I. & BÖLÖNI I., 1965. *Kukoricatermesztés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- GYORI D. et al., 1990. Búza és kukorica optimális N-mutrágyaigényének megállapítása talajvizsgálattal. *Növénytermelés*. **39**, 139–146.
- GYULAI K., 1911. A tengeri mutrágyázásáról. *Magyar Gazdák Lapja*. **18**, 353–354.
- HARMATI I., 1991. A kukorica N és P-mutrágyázása. In: *Kukoricatermesztési Szeminárium*. Budapest, 1991. február 25–27. A kukoricatermesztés idoszerű kérdései. (Szerk.: HAJDU M.) 95–100. GATE Vezetőképző és Továbbképző Intézete, Budapest.
- HARMATI I., 1995. A kukorica nitrogén és foszfor mutrágyázása meszes réti talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **44**, 31–39.
- HOLLÓ S., 1993. A szerves- és mutrágyázás hatásának összehasonlítása vetésforgó trágyázási kísérletekben. Kandidátusi értekezés. Kompolt.
- HUSSEIN, T. A., 1969a. Tenyésztőterület-trágyázási kísérletek gabonafélék után. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968*. (Szerk.: I'SÓ I.) 318–323. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- HUSSEIN, T. A., 1969b. Nitrogénalkalmazási mód és -ido kísérletek kukoricával. *Növénytermelés*. **18**, 69–74.
- I'SÓ I., 1966. Tenyésztőterület- és mutrágyázási faktoriális kísérletek különböző tenyészidejű hibridekkel. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1961–1964*. (Szerk.: I'SÓ I.) 261–274. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- I'SÓ I., 1969. Tenyésztőterület-, fajta- és mutrágyázási faktoriális kísérlet. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968*. (Szerk.: I'SÓ I.) 265–275. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- IZSÁKI Z. & IVÁNYI I., 2002. A N-mutrágyázás hatása a talaj nitrogénmérlegére és a NO<sub>3</sub>-N kimosódására mutrágyázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. **51**, 115–124.
- JONES, J. B., 1967. Interpretation of plant analysis for several agronomic crops. In: *Soil Testing and Plant Analysis: Part 2*. (Ed.: HARDY, G. W.) SSSA Spec. Publ. No. 2. 49–85. SSSA Inc. Madison, WI.
- KÁDÁR I., 1987a. A kukorica ásványi tápanyag-ellátása. *Növénytermelés*. **36**, 57–66.
- KÁDÁR I., 1987b. Földművelésünk ásványi tápanyagforgalmáról. *Növénytermelés*. **36**, 517–526.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI-AKAPRINT. Budapest.

- KÁDÁR I., 1997. Talajaink tápelem-gazdálkodása az ezredfordulón. *Növénytermelés*. **46**, 73–84.
- KÁDÁR I., 2000. A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. **49**, 127–140.
- KADLICKÓ B. & KRISZTIÁN J., 1977. N-P-K műtrágya adagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával, erodált agyagbemosódásos barna erdotalajon. *Növénytermelés*. **26**, 315–322.
- KERPELY K., 1911. Adatok a tengeri műtrágyázásához homoktalajon. *Köztelek*. **21**, 803–804.
- KISMÁNYOKI T. et al., 1989. Gabonás vetésforgó N-forgalmának vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. **38**, 93–97.
- KLENCZNER I. & VASS E., 1977. A PK tartalékműtrágyázás hatékonyságának növelése  $\text{CaCO}_3$  kiegészítéssel humuszos öntéstalajon. In: A mezogazdaság kemizálása. 245–247. NEVIKI. Keszthely.
- KRÁMER M., 1966. Martonvásári hibrid kukoricák termésének és tápanyag-tartalmának alakulása a műtrágyázás hatására. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1961–1964. (Szerk.: BAJAI J.) 166–179. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KRISZTIÁN J. & HOLLÓ S., 1992. Periodikus foszfor műtrágyázás. *Növénytermelés*. **41**, 141–148.
- KRISZTIÁN J., HOLLÓ S. & KADLICKÓ B., 1988. Periodikus kálium műtrágyázás. *Növénytermelés*. **37**, 259–266.
- LAKATOS M., 1967. Különböző nitrogénműtrágyák alkalmazása homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. **16**, 615–628.
- LÁNG G., 1954. *Növénytermeléstani. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.*
- LÁNG G., 1976. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- LÁNG G. & NÉMETH I., 1977. A kukorica műtrágyázása barna erdotalajon. *Növénytermelés*. **26**, 177–184.
- LÁNG G. & NÉMETH I., 1979. Kukorica műtrágyázása pszeudoglejes barna erdotalajon. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1968–1974. (Szerk.: BAJAI J.) 301–308. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LÁNG I., 1963. A kálium körforgalma a talaj–növény rendszerben. *Agrokémia és Talajtan*. **12**, 175–188.
- LÁSZTITY B. et al., 1985. A műtrágyázás hatása a kukorica fejlődésére és tápanyag forgalmára. *Agrokémia és Talajtan*. **34**, 137–160.
- LATKOVICS GY.-NÉ, 1963. A kukorica trágyázása és tápanyagfelvétele. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **12**, 423–429.
- LATKOVICS GY.-NÉ, 1967a. NPK műtrágyahatások vizsgálata kukorica monokultúrában. In: Trágyázási kísérletek 1955–1964. (Szerk.: SARKADI J.) 192–207. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LATKOVICS GY.-NÉ, 1967b. A műtrágyák talajbajuttatási módjának és idejének hatása a kukorica termésére. In: Trágyázási kísérletek 1955–1964. (Szerk.: SARKADI J.) 307–316. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LATKOVICS GY.-NÉ, 1979a. Az N-, P-, K-műtrágya hatásának vizsgálata kukorica-monokultúrában. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1968–1974. (Szerk.: BAJAI J.) 261–269. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LATKOVICS GY.-NÉ, 1979b. A különböző N-műtrágyák hatása a kukorica szemtermésére. In: Kukoricatermesztési kísérletek 1968–1974. (Szerk.: BAJAI J.) 271–277. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LATKOVICS GY.-NÉ & KRÁMER M., 1968. Az oszi búza és a kukorica műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben. (1960–1967) I. Szemtermés-eredmények. *Agrokémia és Talajtan*. **17**, 189–200.
- LATKOVICS, I., 1976. Effect of N-fertilizers on yield and on soil fertility. CIEC 8<sup>th</sup> World Congress, Moscow. **1**. Sec. 1–2. 103–109.
- MÁRTON Á., 1970. Folyékony és szilárd nitrogén műtrágyák hatásvizsgálata kukorica jelzőnövénnyel. *Növénytermelés*. **19**, 155–163.

- MÁRTON L. et al., 1988. A N-mutrágázás hatásának vizsgálata meszezett savanyú barna erdotalajon. *Hungagrochem* '88. Keszthely. 157–164.
- MAUL F., 1967. Kukorica mutrágázási kísérlet eredménye Mátra-Bükk-aljai csernozjom barna erdotalajon. In: *Trágyázási kísérletek 1955–1964.* (Szerk.: SARKADI J.) 208–218. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- MENYHÉRT Z. (szerk.), 1985. A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezogazdasági Kiadó, Budapest.
- MIKLAYNÉ TÜDÖS E., 1986. Szántóföldi kisparcellás mutrágázási tartamkísérletek értékelése réti csernozjom talajon, kukorica és oszi búza jelzőnövényekkel. Szakdolgozat. Debrecen.
- NAGY J., 1995. A mutrágázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. **44**, 493–506.
- NAGY J. & HUZSVAI L., 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. **44**, 383–391.
- NÉMETH I., 1982. A burgonya optimális tenyészterületének és biztonságos nagy termésének kapcsolata. *Növénytermelés*. **31**, 165–175.
- NÉMETH I., 1983. A kukorica nitrogén mutrágázás hatékonyságának vizsgálata pszeudoglejes barna erdotalajon. *Növénytermelés*. **32**, 559–564.
- NÉMETH I., 1991. Szerves- és mutrágázás hatása a talaj termékenységére. In: A talajtermékenység fenntartásának és fokozásának lehetőségei. XXXIII. Georgikon Napok. Keszthely. 106–109.
- NÉMETH I., TÓTH B. & NÉMETH ZS., 1989. Összefüggések a N-mutrágázás, a termés és a talaj biológiai aktivitása között. *Agrokémia és Talajtan*. **38**, 308–310.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
- NÉMETH, T., 2000. Past, present and future status of N-fertilization policies in Hungary. In: *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe.* (Eds.: WILSON, M. J. & MALISZEWSKA-KORDYBACH, B.) NATO Science Series. Vol. 69. 243–252. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, The Netherlands.
- NÉMETH T. & BUZÁS I., 1991a. Nitrogéntrágyázási tartamkísérletek humuszos homok- és mész-lepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **40**, 399–408.
- NÉMETH T. & BUZÁS I., 1991b. Kalibrációs N-trágyázási kísérlet oszi káposztarepce jelzőnövényekkel. *Agrokémia és Talajtan*. **40**, 409–418.
- NÉMETH T. & KÁDÁR I., 1999. Nitrát bemosódásának vizsgálata és nitrogénmérlegek alakulása egy mutrágázási tartamkísérletben. *Növénytermelés*. **48**, 377–386.
- NÉMETH T., KOVÁCS G. & KÁDÁR I., 1987–1988. A nitrát, a szulfát és a vízzoldható sók bemosódásának vizsgálata mutrágázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. **36–37**, 110–126.
- NÉMETH, T., PÁLMAI, O. & HORVÁTH, J., 2001. N-fertilization of winter wheat based on the  $N_{min}$ -method in farm practice. In: *Proc. CIEC 12<sup>th</sup> Int. Symposium „Role of fertilizers in sustainable agriculture”* (Eds.: HERA, C. et al.) 55–61. AGRIS. Bucharest.
- PEKÁRY K., 1969. N-, P-, K-mutrágya-adagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termohelyen. In: *Kukoricatermesztési kísérletek 1965–1968.* (Szerk.: I'SÓ I.) 186–201. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- PROHÁSZKA K. & GURABI GY., 1974. A mutrágázás hatása a kukoricalevelek tápanyagtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. **23**, 53–58.
- PROKSZÁNÉ PAPLOGÓ ZS., SZÉLL E. & KOVÁCSNÉ KOMLÓS M., 1995. A N-mutrágázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére és néhány beltartalmi mutatójára eltérő évjáratokban réti öntéstalajon. *Növénytermelés*. **44**, 33–42.
- RAGASITS I. & KISMÁNYOKY T., 2000. A búza minőségének alakulása szervestrágyázás és nitrogénmutrágázás hatására. *Növénytermelés*. **49**, 527–532.
- RUZSÁNYI L., 1974. A mutrágázás hatása egyes szántóföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. *Növénytermelés*. **23**, 249–258.
- RUZSÁNYI, L., PÉPÓ, P. & SÁRVÁRI, M., 1994. Evaluation of major agrotechnical factors in sustainable crop production. *Agrokémia és Talajtan*. **43**, 335–343.

- SARKADI J., 1963. Trágyázási kísérletek fontosabb eredményei. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **22**, 411–421.
- SARKADI J., 1975. A mutrágya-igény becslésének módszerei. Mezogazdasági Kiadó. Budapest.
- SARKADI J., 1993. Szerves- és mutrágyák tápelem-tartalmának érvényesülése tartamkísérletekben. I. N-forgalom. Agrokémia és Talajtan. **42**, 293–307.
- SIGMOND E. & FLÓDERER S., 1905. Tanulmány a tengeri fejlődéséről és táplálkozásáról. Kísérletiügyi Közlemények. **8**, 786–842.
- STAGEK, 1989. A mezogazdaság számokban. IV. kötet. Budapest.
- STEFANOVITS P., FILEP GY. & FÜLEKY GY., 1999. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- SZÁSZ, G., 1987. The role of climate in the intensive development of agriculture. In: Proc. Conf. on Climatic Changes, Brno, Czechoslovakia. 43–56.
- SZIEBERTH D. & SZÉLL E. (szerk.), 1998. Amit a kukoricatermesztésről tudni kell. Mezőmag Kft., Székesfehérvár.
- SZUCS M., 1986. A nitrátion migrációja nyugat-dunántúli és kisalföldi talajokban. Kandidátusi értekezés. Mosonmagyaróvár.
- SZUCS M., 1988. Nagyüzemi táblák talajainak nitrát- és kloridtartalma. Acta Ovariensis. **30**, (2) 5–16.
- TÓTH Z. & KISMÁNYOKY T., 2000. A trágyázás hatása a talaj szervesanyag-tartalmára és agromóiai szerkezetére vetésforgókban és kukorica monokultúrában. Agrokémia és Talajtan. **50**, 207–225.
- TYURIN, I. V., 1937. Organicseszkoe vescsesztvo pocsvü. Szelhozgiz. Mőszkva.
- VÁRALLYAY GY. et al., 1980. Magyarország termohelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe II. Agrokémia és Talajtan. **29**, 77–112.
- VÁRALLYAY, GY. et al., 1992. New plant nutrition advisory system in Hungary. Commun. Soil Sci. Plant Anal. **23**, (17–20) 2053–2073.

*Érkezett: 2003. március 12.*

CSATHÓ PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiai  
Kutatóintézete, Budapest