

## Termés és nitrát-felhalmozódás modellezése tartamkísérletben

KOVÁCS GÉZA J. és NÉMETH TAMÁS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

### Bevezetés

A mezőgazdasági fejlesztés terén az utóbbi években nem a termés növekedése, hanem a gazdaságosság, piacképesség, valamint a környezeti ártalmaktól való mentesség került előtérbe. Egyrészt úgy, hogy a termék, mely fogyasztásra kerül ne tartalmazzon egészségre ártalmas anyagokat, másrészt pedig, hogy a termelés folyamán a környezet ne szennyeződjék. A trágyázással kapcsolatban a talajvizek nitrátosodása okoz aggodalmat. Ezért figyelmünket a talaj-nitrát keletkezésére, mozgására és felhalmozódására összpontosítottuk (KOVÁCS, 1982; NAGY et al., 1994; NÉMETH et al., 1988).

A nitrogén - a széndioxid és a víz után - mennyiségben és hatásában a legjelentősebb növényi tápanyag. Ezért pótlása is a leggyakoribb, felvehető nitrát és ammónium formában. Talajainkban az utóbbi gyorsan nitráttá alakul, mely viszont könnyen mozgó forma. Két módon okoz környezeti ártalmat: zöldség-növényekben felhalmozódva, illetve talajvizekbe jutva, ha azt ivóvízként hasznosítják.

Mivel a nitrogén átalakulása a gyökérszónában sok tényező függvénye, nem lehet egyszerűen szabályozni, hogy mikor és mennyi legyen vízdoldható állapotban. Utóbbinak a növények számára elegendőnek kellene lennie, ugyanakkor felhalmozódása a legtöbb helyen kockázatos a bemosódás miatt. Az ilyen bonyolult környezeti rendszerek esetében előnyös a szabadföldi kísérleteket szimulációs modellezéssel kiegészíteni a szabályozás előkészítése céljából.

A talajbeli nitrát sorsának szimulációjakor azonban a növényi fejlődés és növekedés modellezése sem kerülhető meg, mert a terméshez szükséges nitrogénfelvétel mennyisége és időpontja befolyásolja a nitrát-felhalmozódás folyamatát a talajban (CSELŐTEI et al., 1994). Ezért olyan modellt érdemes használni, melyben a rendszer aleggységei, így a növény és a talaj, valamint a víz és a nitrogén egymással arányos módon vannak képviselve.

Néhány magyarországi kísérleti terület, így Nagyhorcsók is kiváló lehetőséget kínál a bemosódott nitrát mennyiségének meghatározására (NÉMETH et

al., 1988) és így a szimulációs modellek ellenőrzésére is. A kedvező feltételek a negatív vízháztartási egyenleg, a vastag lösztakaró és a mélyen fekvő talajvízszint következtében álltak elő. A denitrifikáció a lösz jó levegőzöttsége miatt gyenge, nagyjából a csapadékkal érkező nitrogén mennyiségével tart egyensúlyt. A bemosódó nitrát a gyökérszónát elhagyja, de nem éri el a talajvizet. Mikrobiológiai tevékenység híján változatlan formában tározódik. Eloszlása a lösz repedésmentes összletében egyenletes, így a mérések jól reprodukálhatók.

Jelen munkánk - amely az Amerikai Magyar Közös Alap J.F. 016/90, valamint az OTKA T5109 téma keretében folyt - célja a produkciónak, a nitrogén-trágyázás és -kivonás mérlegének, valamint a talaj-nitrát felhalmozódásának szimulációs modellezése műtrágyázási tartamkísérlet tényadatainak becslésére: más szóval egy talaj - növény - időjárás rendszermodell adaptáció a fenntartható növénytermesztés igényeinek és a tartamkísérletekből nyert összefüggések általánosíthatóságának előmozdítása érdekében.

A várt eredmény egyelőre csak annyi, hogy az adott növénytermelési rendszerben a növények, ill. fajtáik becsült termései a mért terméseket, illetve a modell által számított nitrát-felhalmozódások megközelítsék a talajszelvényekben mért mennyiségeket bármilyen évjáratban és trágyázási szint mellett.

### Anyag és módszer

Az Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérleteknek az MTA TAKI Nagyhorcsókpusztán beállított kísérletében (BÁNÓ, 1971) végeztük méréseinket és a kísérlet adatainak felhasználásával készültek a szimulációs futtatások is. Az archív agrotechnikai adatokat (vetésidők, trágyázási idők, fenológiai megfigyelések, fajták, művelési adatok, ezerszemsúly stb.) feldolgozásra kaptuk Kádár Imrétől, akinek a kezelésében van jelenleg a nagyhorcsói kísérlet. Az 1967/68-ban indult kísérlet búza - kukorica - kukorica - búza forgó parcella-ismétlések talajait Németh Tamás mintázta meg 1988-ban Az ún. I. és II. ismétlés közül az I.-ben készültek mélyfúrások, de azon belül minden kezelésre nézve két parcellaismétlésben, kivéve a kontrollkezelést, melyből csak egy volt. (Az ún. "A" forgóban is ugyanennyi talajmintavétel készült, de borsó modell híján még szimulálni nem tudtuk.) Mivel a mélységi mintavételek és talajvizsgálatok költségesek és a kísérletek megzavarása miatt sem végezhetők korlátlanul, a statisztikai vizsgálatok igen korlátozottan végezhetők el. Segít az értékelésben az, hogy az OMTK kísérlet mellett már készült nagyobb számú mélyfúrás, melyek eredményei már részben publikálva vannak (NÉMETH, 1994).

A trágyázási kezeléskombinációk 1972-től változatlanok voltak (DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994). A nitrogéntrágya-kezelések közül mélyfúrások készültek azokon a parcellákon, melyek 0, 50, 150, 250 kg N-hatóanyagot kaptak hektáronként évente. A szóban forgó 20 év termés- és nitrogénfelvételi adatait az OMTK Keszthelyen (PATE) működő központja bocsátotta rendelkezésünkre.

Számos N-transzformációs és -transzport modell létezik. Mindegyiknek vannak előnyei és hátrányai. Ezért a konkrét cél és a környezeti rendszer elemei határozzák meg, hogy melyik modell alkalmasabb a felhasználó számára. Ezek közül a CERES modellt (RITCHIE, 1994) használtuk, mert ez elég robosztus, mégis tartalmaz elegendő és arányos részletinformációt mind a növényben, mind a talajban zajló folyamatok megértéséhez, leírásához. Részletesebb információkat KOVÁCS (1995) közöl.

1. táblázat  
A nagyhorcsöki OMTK kísérlet talajának néhány jellemzője az induláskor

(1) Réteg, cm	LL tf %	DUL tf %	SAT tf %	BD g·cm <sup>-3</sup>	(2) Humusz %	pH
0-10	14,3	30,3	47,5	1,30	2,63	7,4
10-25	14,3	30,3	47,5	1,28	2,63	7,4
25-50	15,8	31,8	49,9	1,29	2,26	7,4
50-80	16,4	32,4	50,0	1,27	1,38	7,6
80-110	13,9	29,9	50,7	1,35	0,46	7,8
110-140	11,7	27,7	49,9	1,35	0,27	7,8
140-170	10,0	26,0	49,8	1,35	0,18	7,8

LL: holtvíztartalom; DUL: természetes vízkapacitás; SAT: telítettségi vízkapacitás, BD: térfogsúly

2. táblázat  
Az OMTK B18-as kísérlet genotípusai Nagyhorcsökön 1968-1988 között

(1) Év	(2) Növény	(3) Fajta	(1) Év	(2) Növény	(3) Fajta
1968/69	a) búza	Bezosztaja-1	1978/79	b) kukorica	KSc 360
1969/70	b) kukorica	Mv 602	1979/80	a) búza	GK-3
1970/71	b) kukorica	Mv 59	1980/81	a) búza	Mv-8
1971/72	a) búza	Bezosztaja-1	1981/82	b) kukorica	Sze Sc 444
1972/73	a) búza	Kavkáz	1982/83	b) kukorica	Pi 3901
1973/74	b) kukorica	Mv Sc 580	1983/84	a) búza	Mv-4
1974/75	b) kukorica	KSc 360	1984/85	a) búza	Mv-9
1975/76	a) búza	Kavkáz	1985/86	b) kukorica	Pi 3732
1976/77	a) búza	GK-3	1986/87	c) napraforgó	
1977/78	b) kukorica	Mv Sc 580	1987/88	a) búza	Mv-9

A talaj jellemzését az 1. táblázatban adjuk meg. A modellben szereplő LL (holtvíztartalom), DUL (természetes vízkapacitás), SAT (telítettségi nedvességtartalom) meghatározásához RITCHIE (1981) a hagyományos szántóföldi meghatározási módot javasolja (BALLANEGGER, 1953). Szemcseméret és térfogattömeg ismeretében számítási eljárást javasol. Ennek eredménye eltér a hazai laboratóriumi mérések, illetve az ezt modellező Rajkai-féle becslések értékeitől (RAJKAI, 1988). A BD-vel a nedves térfogatsúlyt jellemzi, mely a duzzadó agyagásványok duzzadt térfogatát veszi figyelembe.

Az alkalmazott fajták, hibridek sorrendjét a 2. táblázatban adjuk meg. A 3. és 4. táblázatban bemutatott genetikai paramétereket úgy nyertük, hogy az

3. táblázat

A 20 éves folyamatos futáshoz használt kukorica hibridek genetikai paramétereinek értékei

(1) Fajta	P1	P2	P5	G2	G3
Pi 3732	160,00	0,5000	610,00	730,00	10,900
Sze Sc 444	40,00	0,5000	880,00	770,00	10,200
Pi 3901	120,00	0,5000	540,00	720,00	11,100
Mv Sc 580	400,00	0,5000	520,00	760,00	11,100
KSc 360	110,00	0,5000	630,00	730,00	11,200
Mv 602	120,00	0,5000	620,00	730,00	11,000
Mv 59	50,00	0,5000	570,00	770,00	11,000

P1: juvenális fázis hossza ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{nap}$ ); P2: fotoperiódus érzékenység; P5: szemtelítődési időszak hossza hőösszegben ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{nap}$ ); G2: maximális szemszám ( $\text{db}\cdot\text{növény}^{-1}$ ); G3: maximális szemtelítődési sebesség ( $\text{mg}\cdot\text{nap}^{-1}\cdot\text{szem}^{-1}$ )

4. táblázat

A 20 éves folyamatos futáshoz használt búzafajták genetikai paramétereinek értékei

(1) Fajta	P1V	P1D	P5	G1	G2	G3
Bezostaja-1	6,0	4,0	2,8	1,8	3,9	2,2
Mv-9	6,0	3,1	6,1	3,3	4,0	2,2
Mv-4	6,0	4,9	0,2	3,1	3,9	2,2
Mv-8	6,0	1,5	2,5	3,5	4,0	2,2
GK-3	6,0	3,3	8,9	3,1	3,5	2,2
Kavkáz	6,0	5,3	0,9	3,6	4,1	2,2

P1V: vernalizációs koefficiens (nap); P1D: fotoperiódus érzékenység; P5: lásd 3. táblázat; G1: maximális szemszám ( $\text{db}\cdot\text{növény}^{-1}$ ); G2: maximális szemtelítődési sebesség ( $\text{mg}\cdot\text{nap}^{-1}\cdot\text{szem}^{-1}$ ); G3: kalász szám ( $\text{db}\cdot\text{növény}^{-1}$ ).

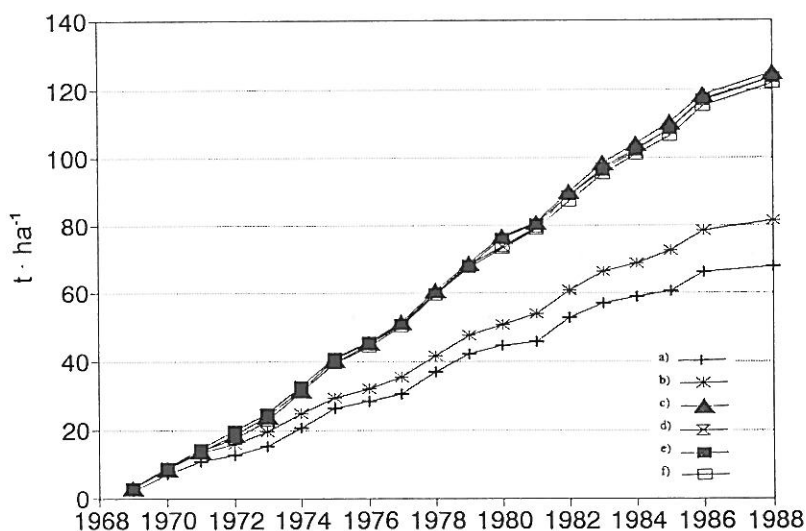
összes kezelés 20 évére optimalizáltuk a rendelkezésre álló fenológiai megfigyeléseket, a termés és az ezerszemsúly alapján.

A méréseredményeket általában a fent említett I. ismétlés blokkon belüli két ismétlés átlagában közöljük. Ahol ettől eltérünk, ott ezt megjegyezzük.

### Eredmények és értékelésük

Az 1. ábrán a vetésforgó négy ciklusának halmozott szemtermése látható. Az évenkénti 250 kg nitrogén nem eredményezett több termést, mint a 150 kg N. Ezt a modellt pontosan követte. A kontrollkezelés szemtermését azonban rendszeresen túlbecsülte a szimuláció. (A három trágyaszint kiválasztását az ábrázoláshoz technikai okok magyarázzák. Hat görbénél többet nehézkes jól elkülöníthetően ábrázolni. A szélső kezeléseket célszerű megmutatni. A közbülsők közül az 50 és 150 kg-os kezeléseket csak mélyfúrással megmintázták, az ábrák sorozatában az egységességet akartuk biztosítani.)

A 2. ábra az évenkénti mért és becsült szemterméseket kívánja szemléltetni egyetlen tipikusnak mondható parcella példáján. A modell az évjárat hatásokat meglehetősen jól követte, pl. az ábrán a 3 tonnás termésekről a 9 tonnát meghaladó termésekig. Összesen három évben volt 1.0 tonnát meghaladó eltérés a mért termésekhez képest. Az évenkénti átlagos eltérés - nem számítva az említett három évet - 1298 kg volt hektáronként; ez az illető kezelés átlagos termé-

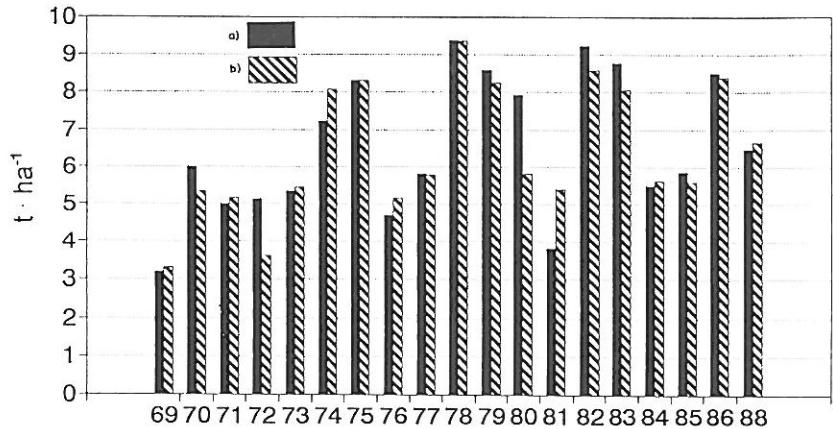


1. ábra

A mért és becsült termések halmozott mennyisége három N-műtrágya kezelésben:  
 0 kg N·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup>: a) Mért, b) Becsült. 150 kg N·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup>: c) Mért, d) Becsült.  
 250 kg N·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup>: e) Mért, f) Becsült

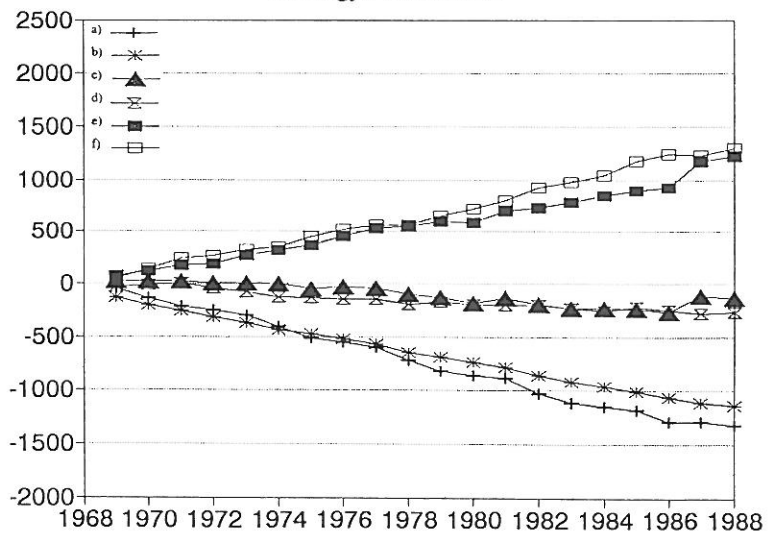
sének 4,4 %-a. Szabadföldi kispárcellás kísérletekben ez a különbség a termés-mérés hibáján belülinek tekinthető.

A 3. ábrán a trágyázással talajba juttatott nitrogén és a szemterméssel és a szárral lehordott nitrogén halmozott különbségét mutatjuk be a négy forgó ideje alatt. A becslőt és mért eredmények jól fedik egymást. A 250 kg-os adagnál a 80-as évek első felében látható enyhe eltérés csak akkor igényel figyelmet, ha majd más kísérletekben is jelentkezik. A fő nitrogén forrás (műtrágya) és a fő



2. ábra

Az évenként mért (a) és becslőt (b) termés összehasonlítása a  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{év}^{-1}$  N-műtrágya kezelésben

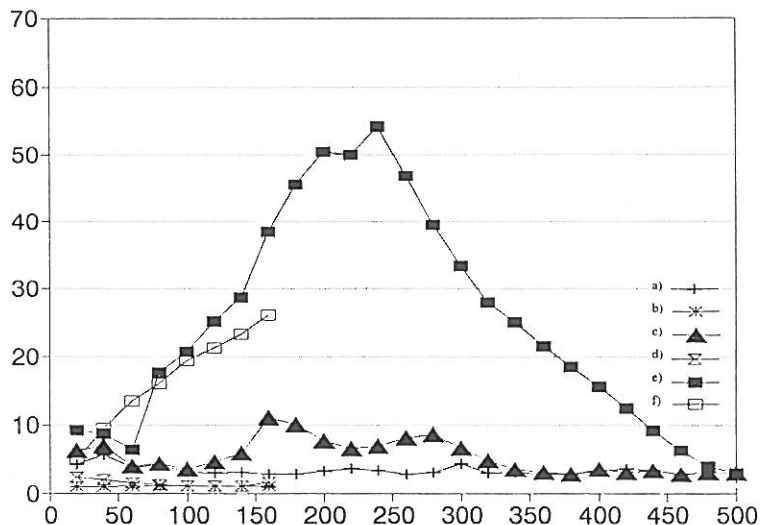


3. ábra

A N-trágya és a lehordott nitrogén halmozott egyenlege a tartamkísérletben 1968-1988 között. a)-f): lásd 1. ábra

nitrogén nyelő (lehordás a biomasszával) tényező egyenlege 150 kg nitrogén-trágyázás esetén közel 0, de inkább negatív volt a 20 év alatt. Ez környezetvédelmi szempontból jelentős, amint ez lejjebb a felhalmozódás vizsgálatánál is látható.

A 4. ábrán a három trágyázási kezelés alatt mért, illetve becsült nitrát-talajszelvényt hasonlítottuk össze. A rétegenkénti becslések csak 170 cm-ig kísérik



4. ábra

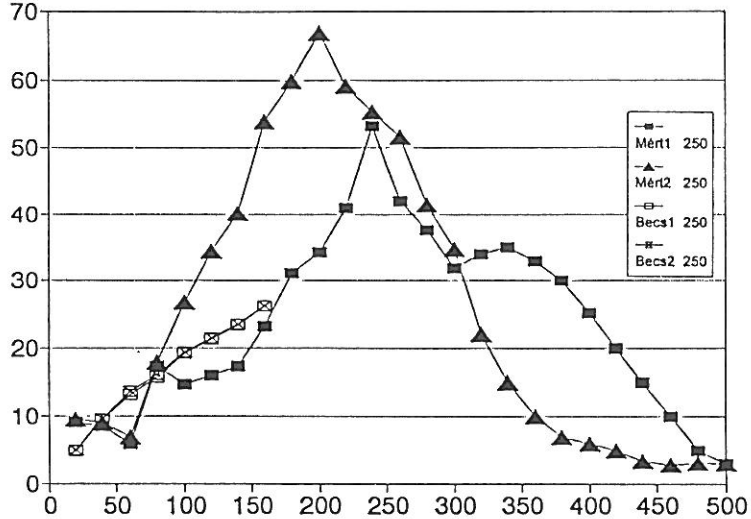
Nitrát-akkumuláció három N-kezelés (0, 150, 250 kg N·ha<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup>) talajszelvényében a kísérlet 20. évében. Függetlenes tengely: Nitrát-N, mg·kg<sup>-1</sup>. Vízszintes tengely: Mélység, cm. a)-f) lásd 1. ábra

nyomon a nitrogén-koncentrációkat, a modell ugyanis a gyökérszóna aljánál mélyebbre mosódott nitrátot egyetlen számmal jelzi ki, melyet a teljes szelvény nitrát-felhalmozódásánál figyelembe is vettünk.

Lényeges nitrát-felhalmozódás csak a 250 kg-os kezelésben volt. A modell a gyökérszónán belül átlagosan jó becslést ad, bár rétegenként vannak plusz-mínusz eltérések.

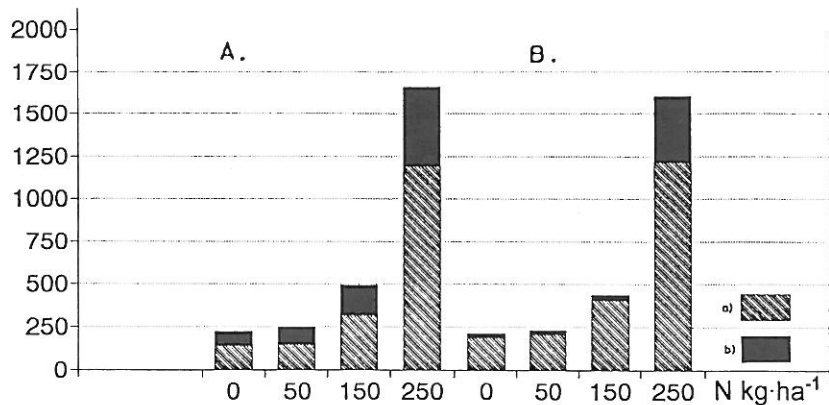
A modell lényegében nem jelzett nitrát-felhalmozódást a 150 kg-os N-ada-gig a kontrollhoz képest a gyökérszónában. Ebben a mélységben a mérések szerint sincs lényeges eltérés a 0 és a 150 kg-os N-kezelések között, csak mindkét kezelés nitrát-koncentrációja meghaladja néhány mg/kg-mal a becsült értékeket. A felhalmozódás gyakorlatilag a gyökérszóna alatt kezdődik. Ez a N-dúsulás nem magyarázható a (trágya-N mínusz kivont-N) mérleg alapján. Feltehetően a trágyázás következtében fellépő ún. "priming effect" lehet a felelős ezért a "feleslegért" vagy más nem mért külső források.

Az 5. ábrán az ismétlések nitrátprofiljait hasonlítjuk össze egymással és a szimuláció által adott becsléssel. Ezt azért mutatjuk be, hogy érzékeltesük a nitrátprofil koncentrációinak pontosságát és a becslés illeszkedését. A parcellák talaja nem tökéletesen azonos rétegzettségű. Az egyik parcellaismétlés talaja 100-150 cm között jobban átjárható volt a víz és a vele mozgó nitrát számára, mint a másik. Korábbi méréseink Nagyhörcsökön tartamkísérletben (NÉMETH et al., 1988) azt is mutatták, hogy az ismétlések parcellán, ill. kezelésen belül



5. ábra

Az ismétlések nitrát-akkumulációján és a szimulációval becsült nitrát-koncentrációnak az összehasonlítása a 250 kg-os N-kezelésben a kísérlet 20. évében. Függőleges és vízszintes tengely: lásd 4. ábra



6. ábra

A mért (A) és becsült (B) nitrát-nitrogén felhalmozódás mértéke a talajszelvény két rétegében a kísérlet 20. évében négy, évenkénti N-adag hatására. Függőleges tengely: Nitrát-N, kg·ha<sup>-1</sup>. a) 170-500 cm, b) 0-170 cm

nem különböztek az összes felhalmozódott nitrát tekintetében, csupán annak mélységi eloszlásában mértünk némi eltérést.

A 6. ábra foglalja össze a nitrát-felhalmozódás mértékét a négy N-kezelés (0, 50, 150, 250 kg/ha/év) alatt a talajszelvényben, valamint a megoszlást a gyökérszónában és alatta a felhalmozódás aljáig terjedő rétegösszletben, mind a mért, mind pedig a szimulációval becsült mennyiségeket.

A nitrát-felhalmozódás alig észlelhető az 50 kg-os kezelésben, kismértékben tapasztalható a 150 kg-os, és határozott a 250 kg-os kezelésben. Az utóbbi esetben a talajban felhalmozott összes nitrát-N mennyisége nagyjából annyival haladja meg a kontrollparcella talajában talált összes nitrát-N mennyiségét, mint amennyivel a 3. ábrán a mérlegben a húsz év alatt a trágyázás meghaladta a biomasszával történt nitrogénlehordást. Ha feltesszük, hogy a 20 évig nem műtrágyázott kontrollparcella talajában talált nitrát-N-koncentráció az adott éghajlat és talajviszonyok mellett az ősi természet egyensúlyi helyzetéből következik és 20 évvel korábban is annyi volt, akkor a bemosódás várható értékéről állítható, hogy az közel van a növény által fel nem vett nitrogénhez. Más szóval, ezen a talajon a feleslegben adott nitrogéntrágya teljességében felhalmozódik a talajszelvény mélyebb rétegeiben. Feltehető továbbá, hogy felszín közeli talajvízszint esetén ez a felesleg N-mennyiség a talajvízbe került volna, illetve, hogy amikor nincs felesleg, mint például a 150 kg-os N-kezelésnél, akkor az évenkénti átlagos nitrátbemosódás nem haladja meg a 10-12 kg-ha<sup>-1</sup>-év<sup>-1</sup> mennyiséget.

A szimulációs becslés helyességét értékelve megállapítható, hogy a modellezett nitrát-felhalmozódások abszolút mennyiségei és a trágyázási szintek egymáshoz való arányai jól közelítik a mért felhalmozódásokat. A gyökérszóna és a mélyebb rétegek közötti megoszlás eltér a mérttől: a gyökérszónában kevesebb a mélyebb rétegekben inkább több volt az akkumuláció. A szimuláció hibája nem annyira a bemosódás, hanem a gyökérszónán belüli felhalmozódás becslésében jelentős. Ez is csak akkor, ha a nitrogénmérleg negatív vagy közel nulla. Ha jelentős a nitrogén túladagolás, akkor a modell a gyökérszónában is helyes eredményt ad (250 kg-os N-kezelés). A hibát az okozza, hogy a modell jelenlegi formájában egyenletesen osztja el a gyökérszónát a talaj adott rétegen belül, holott a valóságban a gyökerek csoportosan helyezkednek el és így a gyökerek a valóságban nem tudják olyan jól felvenni a nitrogént, amint azt a modell feltételezi.

### Következtetés

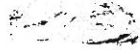
Néhány magyarországi kísérleti terület talaja, így Nagyhorcsók is kiváló lehetőséget kínál a bemosódott nitrát mennyiségének meghatározására és így a szimulációs modellek ellenőrzésére is.

A CERES szimulációs modell becsléseivel el lehet érni a szabadföldi kísérletek terméseredményeinek és a nitrát-felhalmozódás mértékének olyan megközelítését, melyek gyakorlati szempontból kielégítőnek látszanak. Vonatkozik

ez az évjárat hatásra, a trágyázás hatására, a fajták közötti differenciálásra, az elővetemény, illetve a forgó hatásainak integrálására is. A termés, a nitrogénfelvétel, a nitrát-N bemosódásának mennyisége, mélységi eloszlása is modellezhető a napi csapadék, maximum és minimum hőmérséklet, valamint a globál sugárzás ismeretében.

A modell használatát nem lehet még javasolni olyan helyre, ahol nem történt először kalibrálás. A fentiek alapján helyben viszont tartamhatások előrejelzésére alkalmas. Ehhez időjárási szenáriók, illetve fajta paraméterek megadása szükséges. A fajta paraméterek változtatásával a nemesítési célok előzetes kijelölésére is javasolható az adott talaj és időjárási feltételek mellett.

A modell még fejlesztésre szorul a gyökérzetnek a talajban való eloszlását illetően. További összehasonlító vizsgálatok is szükségesek más tartamkísérletek szimulációival, ahol hasonló fajták szerepeltek, mielőtt a genetikai paraméterek megbízhatóságáról nyilatkoznánk.



## Irodalom

- BALLANEGGER R., 1953. Talajvizsgáló módszerek. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- BÁNÓ T., 1971. Módszertani útmutató az Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletekhez. ATE. Keszthely.
- CSELÓTEI L., SZÁSZ G. & KOVÁCS G. J., 1994. Az időjárás és a növénytermesztés. "AGRO-21" Füzetek. Az Agrárgazdaság jövőképe. 1994. 1. 50-87. AGRO-21 Kutatási Programiroda.
- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ (Szerk.), 1994. Trágyázási kutatások 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KOVÁCS G. J., 1982. A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofiziológiai kapcsolata. Növénytermelés. 31. 355-365.
- KOVÁCS G. J., 1995. A CERES modell felhasználása szakterületünkön. Agrokémia és Talajtan. 44. 249-262.
- NAGY, J. et al., 1994. Validation of crop models based on field experiments for environmental education. Journal of European Society of Agronomy. (Megjelenés alatt)
- NÉMETH T., 1994. Nitrátbemosódási és -felhalmozódási vizsgálatok az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletekben (OMTK). In: Trágyázási kutatások 1960-1990. (Szerk.: DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ). 124-130. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- NÉMETH T., KOVÁCS G. J. & KÁDÁR I., 1988. A NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> és vízoldható sók bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 10-126.
- RAJKAI K., 1988. A talaj víztartó képessége és különböző talajtulajdonságok összefüggésének vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 15-30.
- RITCHIE, J. T., 1981. Soil water availability. Plant and Soil. 58. 327-338.
- RITCHIE, J. T. et al., 1994. CERES Cereal Generic Model. FORTRAN source code. Michigan State University, East-Lansing, MI.

Érkezett: 1995. március 3.

## Modelling of Yield and Nitrate Accumulation and its Comparison with Measurements in a Long-term Experiment

G. KOVÁCS and T. NÉMETH

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

### Summary

The aim of the present work was to find and adapt a simulation model for the estimation of actual yield and the balance of N fertilization and N removal, and accumulation of soil nitrate in a long-term fertilization experiment.

The national long-term fertilization experiment set up in Nagyőrösök provides an excellent opportunity for the determination of the quantities of accumulated nitrate and thus for the checking of simulation models.

The estimates made using the CERES simulation model give a satisfactory approximation to the values obtained for yield and nitrate accumulation in field experiments. This is true of the year effect, the effect of fertilization, differentiation between the varieties, and the integration of the effects of forecrop or crop rotation. The yield, the N uptake and the quantity and depth of distribution of nitrate-N accumulation can also be modelled in the knowledge of data on daily precipitation, maximum and minimum temperatures and solar radiation.

The use of the model cannot yet be recommended without a previous calibration. At a given site, however, it can be applied for the prediction of long-term effects. This requires a knowledge of weather scenarios and genetic parameters. By changing the genetic parameters, the model can be used to outline breeding aims for the given soil and weather conditions.

The model needs improvement as regards the distribution of the root system in the soil. Further comparative analyses will also be necessary, simulating other long-term experiments where similar varieties are grown.

*Table 1.* Certain characteristics of the Nagyőrösök soil. LL = soil water content at lower limit, DUL = soil water content at drained upper limit, SAT = soil water content at saturation, BD = wet bulk density, HUM = humus content.

*Table 2.* Genotypes included in Experiment B18 of the long-term fertilization experiment. Nagyőrösök, 1968-1988. (1) Year. (2) Plant species. a) Wheat; b) Maize; c) Sunflower. (3) Variety.

*Table 3.* Genetic parameters of maize hybrids used in the 20-year experiment. P1 = length of juvenile phase ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ ), P2 = photoperiod sensitivity, P5 = length of grain filling period ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ ), G2 = maximum no. of grains per plant, G3 = maximum grain filling rate ( $\text{mg}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{grain}^{-1}$ ). (1) Variety.

*Table 4.* Genetic parameters of wheat varieties used in the 20-year experiment. P1V = vernalisation coefficient (day), P1D = photoperiod sensitivity, P5 = length of grain filling period ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ ), G1 = maximum no. of grains per plant, G2 = maximum grain filling rate ( $\text{mg}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{grain}^{-1}$ ), G3 = no. of ears per plant. (1) Variety.

*Fig. 1.* Cumulated quantities of measured and estimated yields in three N fertilizer treatments. 0 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>: a) Measured, b) Estimated. 150 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>: c) Measured, d) Estimated. 250 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>: e) Measured, f) Estimated.

*Fig. 2.* Comparison of annual measured (a) and estimated (b) yields in the 150 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup> treatment.

*Fig. 3.* Cumulated nitrogen balance and accumulated nitrogen in the long-term experiment between 1968 and 1988. a)-f): See Fig. 1.

*Fig. 4.* Nitrate accumulation in the soil profiles of three N treatments (0, 150, 250 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>) in the 20th year of the experiment. Vertical axis: Nitrate-N, mg·kg<sup>-1</sup>. Horizontal axis: Depth, cm. a)-f): See Fig. 1.

*Fig. 5.* Comparison of the nitrate accumulation of the replications and the nitrate concentration estimated by simulation in the 250 kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup> nitrogen treatment in the 20th year of the experiment. Vertical and horizontal axis: See Fig. 4. Mért = measured; Becs = estimated.

*Fig. 6.* Extent of measured (A) and estimated (B) nitrate nitrogen accumulation in two layers of the soil profile in the 20th year of the experiment as the result of four different annual N treatments. Vertical axis: Nitrate-N, kg·ha<sup>-1</sup>. a) 170-500 cm, b) 0-170 cm.