

Ásványi és szerves nitrogénformák változása egy trágyázási tartamkísérletben (irodalmi áttekintés)

Horváth Judit – Kátai János

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen
horvath.judit@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A téma aktuális, hiszen a talaj ésszerű hasznosítása, védelme, sokrétű funkcióképességének megőrzése a fenntartható fejlődés egyik eleme. A tartamkísérletek kutatása kiemelkedően fontos, mivel egy helyen, ugyanazon talajtulajdonságok és környezeti feltételek mellett képesek tartamhatásokat modellezni.

Az ásványi tápanyag utánpótlást és annak hatását, valamint a betakarítással eltávolított tápelem mennyiségét követnünk kell, hogy pontos információkat kapjunk a bekövetkezett változásokról, azok irányáról és veszélyeiről.

A nitrogén az élő szervezetekben létfontosságú elem, a talajban elsősorban szerves formában van jelen. Általában a talaj összes nitrogéntartalmának csak néhány százaléka hasznosítható közvetlenül a növények számára. E szerves nitrogénforma képződése a szerves anyagok átalakulása révén, a mineralizációs folyamatok során valósul meg, valamint a műtrágyázás, az ásványi tápanyagutánpótlás során kerül a talajba. A növények az ásványi nitrogént építik be szervezetükbe. Így valósul meg a nitrogén körforgalom, amikor szerves formából szerves, illetve szerves formából szerveslenné keletkezik.

Dolgozatunk célkitűzése, hogy egy irodalmi áttekintést készítsünk a kutatási tevékenységünk előzményeként.

Kulcsszavak: talaj, ásványi és szerves nitrogénformák, szerves nitrogénformák átalakítása, tartamkísérlet, anyagforgalom

SUMMARY

The research topic has timeliness, since the rational utilization and protection of the soil, besides the conservation of its diverse functions is part of the sustainable development.

Research of the long-term experiments is essentially important, because it can model the term effects in the same place, under the same conditions.

If we want to get accurate informations about the occurred changes, way and danger of changes, we should track the resupply and effect of the mineral nutrients and the removed quantity of nutrients with the harvest.

Nitrogen is an essential element for living organisms, it is present in the soil mainly in organic form. In general only a low percentage of the total nitrogen content can be used directly by plants in the soil. This inorganic nitrogen is produced by the transformation of organic contents through mineralization processes and it get into the soil by the fertilization. The plants incorporate the mineral nitrogen into our bodies. This is how nitrogen turnover is realized when mineral forms become organic and organic forms become mineral.

The purpose of our paper is to make a literature before our research.

Keywords: soil, mineral and organic nitrogen forms, transformation of organic nitrogen forms, long-term experiment, cycle of element

BEVEZETÉS

A téma fontossága, aktualitása

A megújítható természeti erőforrások közül az egyik legfontosabb a talaj. Ésszerű hasznosítása, védelme, sokrétű funkcióképességének megőrzése a fenntartható fejlődés egyik eleme (Németh, 2005).

A fenntartható mezőgazdaság lényege a természeti erőforrások védelmének biztosítása, a talaj termékenységének megőrzése, és olyan természetesi módok alkalmazása, amelyek azt fokozottan figyelembe veszik. A tartamkísérletek kutatása kiemelkedően fontos, mivel egy helyen, ugyanazon talajtulajdonságok és környezeti feltételek mellett képesek tartamhatásokat modellezni (Németh, 2005). A tartamkísérletek bizonyítják, hogy a harmonikus tápanyagellátottságot a szerves és ásványi anyagok együttes használata tudja biztosítani. A szerves anyagok általában lassú és folyamatos átalakulás révén, míg a műtrágyák szinte azonnal hasznosíthatóak, ha megfelelő mennyiségű víz áll rendelkezésre. Valamint a növénytermesztés fenntartható-

ságára vonatkozó indikátorokat csak ezekből a tartamkísérletekből kaphatunk (Berzsenyi, 2010).

Az ásványi tápanyag utánpótlást és annak hatását, valamint a betakarítással eltávolított tápelem mennyiségét követnünk kell, hogy pontos információkat kapjunk a bekövetkezett változásokról, azok irányáról és veszélyeiről (Németh, 2005).

A nitrogén az élő szervezetekben létfontosságú elem, a talajban elsősorban szerves formában van jelen. Általában a talaj összes nitrogéntartalmának csak néhány százaléka hasznosítható közvetlenül a növények számára. E nitrogénforma képződése a szerves anyagok átalakulása révén, a mineralizációs folyamatok során valósul meg. A növények nitrogén ellátásához jelentős mértékben hozzájárul a különböző dózisokban kijuttatott nitrogén tartalmú műtrágya is. A növénytermesztés eredményességét meghatározó, egyik legfontosabb tényező a növények számára hozzáférhető nitrogén (elsősorban a nitrát) mennyisége a talajban (Németh, 1996).

A nitrogén egyik legfontosabb raktára a talaj (Jarvis et al., 1996). A szerves nitrogén főként a humuszban

található, mely általában 1–8% nitrogént tartalmaz (Németh, 1996). A talajok szerves anyagának mennyisége, így a nitrogén mennyisége is folyamatosan csökkenne, ha nem történne meg az okszerű tápanyagutánpótlás. Ezt bizonyítják a nyugat-európai trágyázási tartamkísérletek is.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Mivel a Föld népessége folyamatosan növekszik, számítanunk kell arra, hogy a lakosság megfelelő mennyiségű élelemmel való ellátásához magasabb hatásfokú mezőgazdasági termelésre van szükség. Ma a Föld felszínének jelentős hányada mezőgazdasági művelés alá van vonva (Nagy és Dobos, 2005).

A fenntartható mezőgazdaság kulcseleme a természeti erőforrások védelme. Egy szántóföldi ökoszisztémában a termesztett növények által előállított elsődleges biomasszát, azaz a beépített tápelemeket eltávolítják a biotópról, ez lényeges különbség egy természetes ökoszisztémához képest. A természetes ökoszisztémákban a szervesanyag- és tápanyagforgalom tekintetében egyensúly alakul ki, amely a növénytermesztés során megbomlik, és „zsaroló” talajműveléssé válhat, ha nem pótolják a kivont tápelemeket. A fenntartható mezőgazdasági fejlődés csakis úgy valósítható meg, ha olyan termesztési módokat alkalmaznak, melyek a természeti erőforrások és a környezet védelmét szem előtt tartják. Tehát dinamikus trágyázási gyakorlatot kell alkalmazni, amely a rendelkezésre álló tápelemek optimális kihasználását helyezi előtérbe (Németh, 2005).

A talajkészleteink ésszerű hasznosítása mellett a fenntarthatóság másik lényeges eleme a vízkészleteink védelme (Várallyay, 2005). A kiegyensúlyozott tápanyagellátás és vízgazdálkodás alapvető szükségletei az eredményes növénytermesztésnek. Éghajlati adottságaink mellett a vegetációs időszakban egyenetlenül oszlik el a csapadék. Esetenként és termőhelyenként több víz kerül a talajfelszínre (árvíz, belvíz), máskor pedig hiányzik a víz, aszály alakul ki. Szükség lenne a csapadék és az árvíz egy részének tározására. Fontos lenne, hogy a talaj minél több víz befogadására legyen képes, hogy tárolja a vegetációs időszakra. A regionális klímaváltozás (a szélsőséges időjárás) fokozza a talajaink vízgazdálkodási problémáit. Többek között Huzsvai és Nagy (2003), valamint Márton (2005) megállapították, hogy öntözött körülmények között a műtrágyák jobban hasznosulnak, tehát az öntözés kulcselem a termésmennyiség tekintetében. Az öntözéssel serkenteni lehet a talajban élő mikroorganizmusok, köztük a nitrifikáló baktériumok aktivitását, nagyobb műtrágya dózisok alkalmazásakor (Kátai, 2005).

A növénytermesztési technológiák legfontosabb eleme a szakszerű tápanyagutánpótlás (Szentpétery et al., 2005). Mivel a tápanyagok természetes módon nem pótlódnak, ezért a tápanyagellátás limitálja és meghatározza a talaj termékenységét (Kádár, 2010). A trágyázás (mely lehet szerves- és műtrágya) célja a tápanyaghiány megszüntetése, illetve a talaj termékenységének megőrzése (Kádár, 2005). Hazánkban 15 éve folyik rablógazdálkodás. Európai országok közül, Magyarországon van az egyik legnagyobb N-, P-, K-hiány (Fotyma és Kopinski, 2001). Lásztity et al. (1981) megállapította, hogy a N-ellátottság javulásával intenzívebbé vá-

lik a talaj-mikroszervezetek tevékenysége is. Amíg az extrém dózisok gátolhatják (Lásztity et al., 1981), addig a kis és közepes mennyiségű műtrágya adagok pozitív hatással vannak a talajban élő mikroorganizmusok mennyiségére (Helmeczi, 1983; Andrejuk, 1990).

Zhengchao et al. (2013) egy Kínában beállított tartamkísérlet során azt vizsgálták, hogy a hosszú távú műtrágyázás, hogyan befolyásolja a búza termését, a talajban található szerves-C és N mennyiségét. Arra jutottak, hogy az ásványi műtrágyák, különösen, ha szerves trágyával együtt alkalmazzák, jelentősen növelték az őszi búza föld feletti biomasszáját. Jelentős összefüggést találtak a búza biomassza és a talajban található szerves-C és a talaj összes-N tartalma között. A kísérlet beállítása óta a műtrágyázás növelte a talajban található szerves-C mennyiségét, különösen a nitrogén műtrágya, foszfor műtrágya és szerves trágya kombinációjával kezelt területeken. A növénytermesztés és a műtrágyázás elősegítheti a C megkötését a talajban.

Mivel az állatállomány mennyisége lecsökkent hazánkban, így a szerves trágyázást visszaszorította a műtrágyák használata. A szerves trágya értéke napjainkban egyre inkább nő, de fontos megemlíteni, hogy nem lehet a tápanyag-visszapótlás egyetlen eszköze (Füleky, 1989).

Kifejezetten nehéz megállapítani a kijuttatandó tápanyag megfelelő mennyiségét, ugyanis a N-műtrágyák akkor érik el a kívánt hatást, ha a talaj szerves-N készlete nem hasznosul kellő mértékben (Viswakumar et al., 2008). Csathó (2003) szerint a Magyarországon kijuttatott 50-70 kg/ha N-műtrágya nem fedezi a növények N-igényét. A környezetkímélő trágyázás alapja a pontos N-szükséglet megállapítása (Berényi et al., 2009), mivel az indokolatlanul nagy mennyiségben kijuttatott műtrágya mennyisége a környezetet is károsíthatja, különösen az intenzív gazdálkodás idején, illetve a műtrágya szakszerűtlen és nem okszerű használata esetén (Németh és Buzás, 1991; Ruzsányi, 1992; Sárvári, 1995). Hangsúlyozni szükséges, hogy az elmúlt két évtizedben lényegesen kisebb mértékű a nitrogén műtrágya felhasználás, mint amennyi indokolt lenne, országos szinten.

A műtrágyázás kedvező hatásai mellett egyre inkább számítanunk kell káros, a környezetet szennyező hatásokra is, mint például a kimosódás és az erózió révén a vizekbe kerülő műtrágya szennyező hatására (Helmeczi, 1983). A N-műtrágya akár 55%-a is lemosódhat a körülményektől függően (Muir et al., 1973). Ezt csökkenthetjük, ha mélyen gyökerező, nagy N-igényű növényt is termesztünk a vetésközlapon (Ruzsányi, 1992).

Németh és Kádár (1999) megállapította, hogy a termesztett növények igényéhez, a környezeti feltételekhez és a termőhely adottságaihoz igazodó nitrogén-trágyázás nem károsítja a környezetet, a túltrágyázás elkerülhető.

Füleky és Debreczeni (1991) az 1986-ban vizsgálta az 1969-ben beállított tartamkísérlet Szárítópusztán. Arra az eredményre jutottak, hogy a kontroll területen csak néhány kg nitrát-N található 3 m-es mélységig, míg a növekvő trágyaadagokkal együtt nagymértékben mutatták ki a nitrát-N-t. A felhalmozódás maximuma 2 m körül volt, a minimum pedig 30–40 cm-en, mivel a növények innen fel tudták venni a talajban található

nitrogén nagy részét. Az 1 m-nél mélyebben található nitrát sorsa leginkább a lefelé mozgó víztől függ. Továbbá a 180 kg N/ha és az ettől nagyobb mennyiségben kijuttatott műtrágya adagoknál 3 m-nél mélyebben is feldúsulhat a nitrát. A termés viszont csak 90 kg N/ha-os adagokig növekedett. A 17 éves tartamkísérlet során kijuttatott 90 kg N/ha adagú műtrágyával kezelt parcellákon, ez a mennyiség megegyezett a növények által felvett nitrogén mennyiségével, a talajban mégis feldúsult a nitrát, melynek valószínűsíthető oka a talajban található szerves anyagok mineralizációja. A 180 kg N/ha és ettől nagyobb adagban kijuttatott, műtrágyával kezelt területeken 3m-es mélységben nagy mennyiségű nitrát halmozódott fel.

Ugyanezen a talajon Végh és Fülek (1995) az 1993-ban is végzett vizsgálatokat, és megállapították, hogy műtrágya formájában kijuttatott nitrogén 40%-a felhalmozódott a talaj 3 m-es szelvényében és a nitrát-felhalmozódási zóna folyamatosan a talajvíz irányába mozog.

A nitrogén a növények vegetatív részeinek fejlődését segíti elő. Minél nagyobb a gyökér, szár, levél tömege, annál nagyobb az asszimilációs felület, ahol a növényi biomaszra képződik (Németh, 1996).

Izsáki (2010) megállapította, hogy a kukorica N-felvétele jól mutatja a talaj N-szolgáltató képességét műtrágyával kezeletlen talajon. A kukorica termésének mennyiségét leginkább a rendelkezésre álló nitrogén mennyisége határozza meg. Ha növekedik a N-dózis, növekszik a termés mennyisége. A nitrogén műtrágyák bizonyítottan termésmenővelő hatásúak (Balláné, 1968; Latkovicnsné és Krámer, 1968; Anda, 1987; Berzsényi, 2009). Ha nitrogén hiány lép fel, csökken a szárazanyag-felhalmozódás (Berzsényi, 1993). Egyértelmű az összefüggés a termés mennyisége és a tápanyag-utánpótlás között monokultúrák esetében (Dóka és Pepó, 2007).

Azt, hogy a kijuttatott műtrágya milyen mértékben képes hasznosulni a talaj és a növény tulajdonságai határozzák meg (Bocz, 1974).

Divito (2011) és munkatársai tanulmányozták a N-utánpótlás hatását a talajban. Az eredményeik azt mutatták, hogy a N-trágyázás több visszajuttatott C-t eredményezett, de nem tapasztaltak változást a talajban található szerves-C és N, és az ásványi anyagokhoz kapcsolódó frakciók és a N-szintek tekintetében. Nem figyeltek meg mineralizálható-N redukción a N-szint növekedésével, ami azért történhetett, mert nem voltak megfelelőek a körülmények a biológiai mineralizáció számára, a talaj savasodása miatt. Végeredményként megállapították, hogy a N-trágyázásnak nem volt jelentősen károsító hatása a talaj tulajdonságaira.

Ahogy növeljük az NPK-ellátottságot elsőként a termésátlagokban tapasztalunk pozitív változást, majd a további javuló NPK-kínálat már a növényi NPK-koncentrációban is növekedést eredményez. Tehát a jobb NPK-ellátottságú talajon a fajlagos NPK-tartalom is emelkedik (Csathó, 2005).

Potapov és Cseh (1956) vizsgálta a szerves és a szerves nitrogén koncentrációját tőknél és kukoricánál, vegetatív és generatív állapotban is. Arra a megállapításra jutottak, hogy a szerves és szerves nitrogén aránya igen erősen változik, ellentétes irányban, az első 12 órában. A szerves nitrogén csökken, míg a szervesé nő.

Ahhoz, hogy a tápanyaggazdálkodást számszerűen vizsgálhassuk, tápelemméréseket kell felállítani, ami a gazdálkodás elemforgalmának figyelemmel kísérését jelenti. A mérleg elkészítéséhez minden olyan tényezőt figyelembe kell venni, ami növelheti vagy csökkentheti a talaj tápelemkészletét (Kádár, 2005). Bevételi forrás lehet például a műtrágyázás, szerves trágyázás, öntözővízzel kijuttatott tápelemek, baktériumok és pillangós növények által megkötött nitrogén, az atmoszférából a talajba kerülő tápanyagok, vetőmag tápelem-tartalma és a mineralizációval feltáródó tápelemek (Kádár, 1992). Míg veszteséget jelenthet a termékkel elszállított nitrogén mennyiség, erózió révén távozott nitrogén, a kimosódás és gázalakú N-veszteség (Németh, 1996).

A fenntartható fejlődés szempontjából szintén nagyon fontos agrotechnikai eljárás a vetésváltás, amely részben pótolja a tápanyagellátást, viszont jelenleg is szükséges, mivel külső energia befektetés nélkül természetből érhető el és mobilizálni képes a természetes erőforrásokat a talaj termékenységének fenntartásához (Kismányoky, 2010). Kukoricánál akár 23%-os termésmenővekedést is megfigyelhetünk vetésváltás mellett (Pepó, 2010).

A TERVEZETT KUTATÁSHOZ KAPCSOLÓDÓ KORÁBBI EREDMÉNYEK

A tartamkísérletet 30 évvel ezelőtt állították be, máig számos kutatásra került sor ezen a területen, így rendelkezésünkre állnak információk a területről a korábbi kísérleteknek köszönhetően.

A látóképi növénytermesztési kísérlet talaját, amely mészlepedékes csernozjom talajtípus Kátai (1999) vizsgálta. A kísérleti terület talaja az alábbi paraméterekkel jellemezhető:

A talaj löszön képződött, mély humuszrétegű alföldi mészlepedékes csernozjom talaj. Talajfizikailag vályog, a termőréteg 80–90 cm vastagságú, melyből 40–50 cm egyenletesen humuszszódott. Nitrogén és foszfor ellátottsága közepes, káliumtartalma nagy. Vizsgálatok szempontjából kedvező vizsgálati körülmények.

Kátai (1999) vizsgálta a kísérletünkben szereplő mészlepedékes csernozjom talajt a Debreceni Egyetem ATK Látóképi Kísérleti Telep területén. A vizsgálati eredmények alapján az alábbi megállapításokat tehetjük: A leiszapolható rész 47,48%, Arany-féle kötöttségi száma (K_A) 2,00. Talajfizikailag vályog, 1,35 g/cm³-es térfogattömeggel. Összporozitása 48,00%, a minimális vízkapacitás (VK_{min}) pedig 26,22. A vizes közegben mért pH 6,8, míg a KCl-dal mért 6,1. Humusz-tartalma 2,81%, a szerves-C tartalom 16,15 mg/kg, a szerves-N 1,92 mg/kg, míg a nitrát-N tartalom 4,40 mg/kg.

A talaj 0,01 M kalcium-klorid oldattal extrahálható N-formáinak mennyiségét, köztük a nitrát-nitrogént, az ammónium-nitrogént, a szerves nitrogént, a szerves nitrogént és az összes N-tartalmat vizsgálták Vágó et al. (2001). Meghatározták az összes szerves nitrogént (Kjeldahl) és a különböző nitrogénformák arányait. Több talajtípust hasonlítottak össze és az eredményeikből kitűnik, hogy a kalcium-klorid oldattal kivonható összes nitrogén mennyisége a mészlepedékes csernozjomon volt a legmagasabb.

A látóképi kísérleti területen Berényi et al. (2009) arra az eredményre jutottak, hogy az összes N- tartalom az N-adagoknak köszönhetően emelkedett, a trágyázás mind öntözött, mind öntözetlen körülmények között kifejtette hatását. Az öntözetlen területeken az összes nitrogén másfélszerese lett az öntözött területekhez képest. Mivel Berényi et al. (2009) a talajszelvény összes nitrogén tartalmát 200 cm-ig vizsgálták, arra a következtetésre jutottak, hogy a nitrogén egy jelentős része ennél mélyebbre került. A termésadatokból és talajvizsgálatokból megállapították, hogy a 240 kg/ha Na már nem hasznosul. Az öntözött parcellákon kevesebb nitrát-N tartalmat tapasztaltak, ezeken a területeken a felhalmozódási maximum mélyebbre tehető, ez jól jellemzi az eltérő kimosódási viszonyokat.

A látóképi trágyázási kísérletben Kátai (1999) kukorica mono- és trikulturában megállapította, hogy a műtrágyázás növelte az összes csíraszám mennyiségét, valamint a cellulózbontó baktériumok számát. A trikulturában előforduló nitrifikáló baktériumok mennyisége 2–8-szorosa volt a monokulturában tapasztaltaknak. A közepes-nagy dózisú műtrágya mindkét esetben nagyobb CO₂-termelést eredményezett. Eredményként megállapította továbbá, hogy a trikulturában a műtrágyázás kiemelkedően növelte a nitrifikáló baktériumok számát. A mikroszkópikus gombák száma ugyanúgy emelkedett a műtrágya adagok növelésével.

Későbbi vizsgálataiban Kátai (2006) azt tapasztalta, hogy a baktériumok száma jelentősen nőtt öntözés hatására, különösen a nitrifikáló baktériumoké, közel ötszörös értéket tapasztalt az öntözött körülmények között, mint az öntözetlen területen a trikulturában, míg a monokulturában kétszeres növekedést tapasztalt. A cellulózbontó baktériumok száma is szignifikánsan nőtt az öntözés hatására. Az öntözés hatására nőtt a CO₂ termelés és a mikrobiális biomassza C tartalma. A trágyázás növelte a foszfatáz és az ureáz enzim aktivitást a trikulturában és az öntözött területeken.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikációt megalapozó kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

- Anda A. (1987): A kukorica néhány sugárzás, hő- és vízháztartási komponensének alakulása a N-ellátottság függvényében. *Növénytermelés*. 36. 3: 161–170.
- Andrejuk, E. I. (1990): Soil biotechnology and intensive agricultural production in soils of the Southern Ukraine. *Agrokémia és Talajtan*. 39. 3–4: 412–414.
- Balla A.-né (1968): A tenyésztésterület, a növényápolás és a trágyázás hatása a kukorica termésére. *Agrokémia és Talajtan*. 17. 1–2: 101–107.
- Berényi S.–Berátné Sz. E.–Pepó P.–Loch J. (2009): A trágyázás és öntözés tartamhatása a 0.01 M kalcium-kloridban oldható N-frakcióra alföldi mészlepedékes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 58: 251–264.
- Berzsenyi Z. (1993): A N-műtrágyázás és az évjárat hatása a kukorica hibridek (*Zea mays* L.) szemtermésére és a N-műtrágyareakciója tartamkísérletben az 1970–1991 években. *Növénytermelés*. 42. 1: 49–62.
- Berzsenyi Z. (2009): A nitrogén műtrágyázás hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays* L.) hibridek növekedésére Richards-függvényekkel. *Növénytermelés*. 58. 2: 5–21.
- Berzsenyi Z. (2010): A tartamkísérletek jelentősége a fenntartható növénytermesztésben. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. Debrecen. 23–30.
- Bocz E. (1974): A szántóföldi növények hazai trágyázásának irányelvei. Egyetemi jegyzet. Debrecen. ATE. 65–67.
- Buzás I. (1988): Talaj- és Agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 155.
- Csathó P. (2003): Kukorica N-hatásokat befolyásoló tényezők vizsgálata az 1960 és 2000 között publikált hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán. *Agrokémia és Talajtan*. 52: 169–184.
- Csathó P. (2005): A magyar mezőgazdaság környezetvédelmi és agronómiai megközelítésű NPK tápelemmérélege 1901 és 2000 között. *Agrokémia és Talajtan*. 54. 1–2: 213–234.
- Dóka, L. F.–Pepó, P. (2007): Role of water supply in monoculture maize (*Zea mays* L.) production. *Cereal Res. Commun.* 35. 2: 353–356.
- Divito, A. G.–Rozas, S. R. H.–Echeverría, E. H.–Studdert, A. G.–Wyngaard, N. (2011): Long term nitrogen fertilization: Soil property changes in an Argentinean Pampas soil under no tillage. *Soil & Tillage Research*. 114: 117–126.
- Fotyma, M.–Kopinszki, J. (2001): Nährstoffwirtschaft und Ertragspotential ausgewählter europäischer Länder. *VDLUFA Kongressband 2001 Berlin*. 1: 5–14.
- Fülek Gy. (1989): A szerves trágyák reneszánsza a talaj tápanyag-gazdálkodásában. *Agrokémia és Talajtan*. 38. 1–2: 98–100.
- Fülek Gy.–Debreczeni B. (1991): Tápelem-felhalmozódások 17 éves kukorica monokultúra talajában. *Agrokémia és Talajtan*. 40. 1–2: 119–130.
- Helmecci B. (1983): Műtrágyák hatása a talaj mikroflórájára. *Agrokémia és Talajtan*. 32. 3–4: 580–593.
- Huzsvai L.–Nagy J. (2003): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) termésére öntözés nélküli és öntözéssel termesztésben. *Növénytermelés*. 52. 5: 533–541.
- Izsáki Z. (2010): A kukorica nitrogén trágyázása csernozjom réti talajon. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. Debrecen. 77–84.
- Jarvis, C.–Stockdale, A.–Shepherrd, A.–Powelson, S. (1996): Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils processes and measurement. *Advances in Agronomy*. 57: 187–235.
- Jenkinson, D. S.–Powelson, D. S. (1976): The effects of biological treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 27. 8: 209–213.

- Kádár I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete. Budapest. 32–64.
- Kádár I. (2005): Búcsú a műtrágyáktól. [In: Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debrecen. 128–134.
- Kádár I. (2010): Fenntartható növénytermesztés, talajpusztulás, társadalmi stabilitás. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. Debrecen. 85–93.
- Kátai J. (1999): Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. Agrokémia és Talajtan. 3–4: 348–360.
- Kátai J. (2005): A műtrágyázás és az öntözés hatása a talaj tulajdonságaira egy kukorica monokultúrában. [In: Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debrecen. 56–65.
- Kátai, J. (2006): Changes in soil characteristics in a mono- and triculture long-term field experiment. Agrokémia és Talajtan. 55: 183–192.
- Kismányoky T. (2010): Elővetemény és tápanyaghatások különböző talajtípusokon. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. Debrecen. 103–111.
- Klimes-Szink A. (1970): A talajok fizikai tulajdonságainak vizsgálata. [In: Ballenger R.–Di Gleria J. (szerk.) Talaj- és trágyavizsgálási módszerek.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 83–161.
- Latkovics Gy.-né–Krámer M. (1968): Az őszi búza és a kukorica műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben (1960–67) I. – Szemterméseredmények. Agrokémia és Talajtan. 17: 1–2.
- Lásztity B.–Kádár I.–Gulyás F. (1981): Műtrágyázás hatása néhány talaj cellulóz bontó aktivitására. Agrokémia és Talajtan. 30. 1–2: 91–98.
- Márton, L. (2005): Effect of mineral fertilization and rainfall on the yield of maize (*Zea mays* L.). Agrokémia és Talajtan. 54. 3–4: 309–324.
- Muir, J.–Seim, E. C.–Olson, R. A. (1973): A study of factors influencing the nitrogen and phosphorous contents of Nebraska waters. J. Environ. Qual. 2: 466–470.
- Nagy J.–Dobos A. (2005): Minőségi növénytermesztés geoinformációs rendszer alkalmazásával. [In: Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debrecen. 22–28.
- Németh T.–Buzás I. (1991): Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humuszos homok- és mészeledékes csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 40: 399–408.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest. 35–56.
- Németh T.–Kádár, I. (1999): Nitrát bemosódásának vizsgálata a nitrogénmérlegek alakulása egy műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 48. 4: 377–386.
- Németh T. (2005): Földhasználat a korszakváltó hazai mezőgazdaságban. [In: Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debrecen. 29–36.
- Pepó P. (2010): A növénytermesztés aktuális kérdései. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. Gazdálkodás – klímaváltozás – társadalom. Akadémiai Kiadó. Budapest. 17–21.
- Pochon, J.–Tardieux, P. (1962): Techniques D Analyse en Micobiologie du Sol. Collection „Techniques de Base”. Masson Co. Paris. 102.
- Potapov, N. G.–Cseh, E. (1956): A gyökérkönyvezés törvényszerűségei és a nitrogén átalakulása. Agrokémia és Talajtan. 5. 1: 17–26.
- R. Végh K.–Füleky Gy. (1995): Nitrátmozgás vizsgálata szántóföldi tartamkísérletben dinamikus szimulációval. Agrokémia és Talajtan. 44. 3–4: 361–366.
- Ruzsányi L. (1992): A N-műtrágyázás hatása a termésre és a talajszelvény nitrátosodására. Növénytermelés. 41. 6: 497–510.
- Sárvári M. (1995): A kukoricahibridek termőképessége és trágyareakciója réti talajon. Növénytermelés. 44. 2: 184–190.
- Szentpétery Zs.–Jolánkai M.–Szöllösi G. (2005): Nitrogén-fejtrágyázás hatása a búza termésmennyiségére és minőségére. [In: Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debrecen. 37–42.
- Vágó I.–Kátai J.–Kiss Sz. (2001): Nitrogén és szénformák előfordulása különböző talajtípusokban. Innováció, a tudomány és gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. Gödöllő. 2001. május 17–18. 312–320.
- Várallyay Gy. (2005): A magyar Alföld szélsőséges vízgazdálkodása és az ahhoz történő alkalmazkodás lehetőségei és korlátai. [In: Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai.] Debrecen. 43–50.
- Viswakumar, A.–Mullen, R. V.–Sundermeier, A.–Dygart, C. E. (2008): Tillage and Nitrogen Application Methodology on Corn Grain Yield. Journal of Plant Nutrition. 31: 1963–1974.
- Zhengchao, Z.–Zhuoting, G.–Zhouping, S.–Fuping, Z. (2013): Effects of long-term mineral and organic fertilizer applications on soil organic carbon and total nitrogen in a semi-arid cropland. European Journal of Agronomy. 45: 20–26.

