

A talaj nitrogén-tartalmának és néhány egyéb tulajdonságának változása egy trágyázási tartamkísérletben csernozjom talajon

Horváth Judit – Tállai Magdolna – Mátyás Bence

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,

Agrokémiai és Talajtani Intézet, Debrecen

horvath.judit@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható mezőgazdaság egyik legfontosabb célkitűzése, hogy biztosítsuk természeti erőforrásaink – így a talajaink – védelmét, mely magában foglalja termékenységének megőrzését és a környezetkímélő termesztési módok alkalmazását.

Ahhoz, hogy pontos információt kapjunk a bekövetkezett változásokról, követnünk kell az ásványi tápanyag-utánpótlás hatásait és a betakarítás során a talajból eltávolított tápelemek mennyiségét.

Az élő szervezetek számára a nitrogén létfontosságú elem, a talajban elsősorban szerves formában van jelen. A növények azonban a talajban található összes nitrogénnek csupán néhány százalékát képesek közvetlenül hasznosítani. A növények az ásványi nitrogént építik be a szerveszetükbe. E nitrogénforma a szerves anyagok átalakulásakor, a mineralizációs folyamatok során keletkezik, továbbá a műtrágyázás, az ásványi tápanyag-utánpótlás során kerül a talajba.

Dolgozatunk célkitűzése volt, hogy a nitrogén-körforgalom néhány paraméterén keresztül bemutassuk, hogy miként változik a talaj tulajdonsága egy trágyázási tartamkísérletben.

Megállapítottuk, hogy a műtrágyakezelések befolyásolják a talaj pH-ját. A trágyadózisok emelkedésével nőtt a talaj savanyodása, mely a nitrifikáló baktériumok számával hozható összefüggésbe. A nitrát mennyiségére a vetésváltás és a különböző trágyakezelések is hatással voltak.

Kulcsszavak: talaj, nitrogénformák, nitrát, nitrát-feltáródás, műtrágyázás

SUMMARY

The most important aim of sustainable agriculture is to ensure our natural resources – such as soils – protection, which includes fertility preservation and the use of appropriate methods of cultivation.

If we want to get accurate information 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 and 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. The mineral nitrogen is incorporated by plants into our bodies. This inorganic nitrogen is produced by the transformation of organic contents through mineralization processes and it gets into the soil by fertilization. This is how nitrogen turnover occurs when mineral forms become organic and organic forms become mineral.

The objective of this publication was to introduce – through some elements of nitrogen turnover – how changing the properties of soil in a long term fertilization experiment.

We established that the fertilization is influenced the soil pH. With the increase of fertilization levels increased the acidity of the soil, maybe it is related with the number of nitrification bacteria. The fertilization and the rotation affected to the quantity of nitrate.

Keywords: soil, nitrogen forms, nitrate, nitrate-exploration, fertilization

BEVEZETÉS

Az egyik legjelentősebb megújítható természeti erőforrásunk a talaj, ezért védelme – amely magában foglalja termékenységének megőrzését és a megfelelő termesztési módok alkalmazását – a fenntartható fejlődés fontos eszköze. Ahhoz, hogy pontos információt kapjunk a talajban bekövetkezett változásokról, követnünk kell az ásványi tápanyag-utánpótlás hatásait és a betakarítás során eltávolított tápelemek mennyiségét (Németh, 2005).

Az élő szervezetek számára a nitrogén létfontosságú elem, a talajban elsősorban szerves formában van jelen. A talajban található összes nitrogénnek csupán néhány százalékát képesek a növények közvetlenül hasznosítani. Ez a nitrogénforma a szerves anyagok átalakulásakor, a mineralizációs folyamatok során keletkezik. A nitrogén tartalmú műtrágyák is elősegítik a növények nitrogén ellátását. A növénytermesztés szem-

pontjából a legfontosabb a növények számára felvehető nitrogén mennyisége a talajban (Németh, 1996).

A növénytermesztés szempontjából a talaj a nitrogén egyik legfontosabb raktára (Jarvis et al., 1996). A szerves nitrogén nagy része a humuszban található, ami 1–8% nitrogént tartalmaz (Németh, 1996). Ha nem okszerűen pótolnák a talajok tápanyagtartalmát, a szerves anyag mennyisége, így a nitrogén mennyisége is folyamatosan csökkenne. Erre nyújtanak bizonyítékot a nyugat-európai trágyázási tartamkísérletek. Kijelenthetjük, hogy a szakszerű tápanyag-utánpótlás a növénytermesztési technológiák egyik legfontosabb része (Szentpétery et al., 2005).

A tápanyagok természetes módon történő pótlódása napjaink intenzív növénytermesztése mellett nem elegendő, a tápanyagot pótolnunk kell, így az okszerű tápanyagellátás határozza meg talajaink termékenységét (Kádár, 2010). A trágyázás célja a tápanyaghiány megszüntetése és a talaj termékenységének megőrzése (Kádár, 2005).

Nehéz meghatározni a kijuttatandó tápanyag optimális mennyiségét, mivel a N-műtrágyák akkor érik el a megfelelő hatást, ha nem hasznosul kellően a talaj szeretlen-N készlete (Viswakumar et al., 2008). Csathó (2003) megállapította, hogy a Magyarországon kijuttatott 50–70 kg/ha N- műtrágya adagok nem fedezik a növények N-igényét. A környezetkímélő trágyázás lényege a növények pontos N-szükségletének megállapítása (Berényi et al., 2009), mivel a túlzottan nagy mennyiségben kijuttatott műtrágya – főként intenzív gazdálkodáskor –, illetve a műtrágya nem okszerű használata károsíthatja a környezetet (Németh és Buzás, 1991; Ruzsányi, 1992; Sárvári, 1995). Fontos megemlíteni, hogy Magyarországon az elmúlt húsz évben lényegesen kisebb mértékű a nitrogén műtrágya felhasználás, mint amennyi szükséges lenne. Ugyanakkor a műtrágyázás hatásai mellett számítanunk kell a környezetet szennyező hatásokra is (Helmecci, 1983). A N-műtrágya akár 55%-a is lemosódhat a körülményektől függően (Muir et al., 1973). Ennek csökkentése érdekében szükséges mélyen gyökerező, nagy N-igényű növényt termesztünk a vetésciklusban (Ruzsányi, 1992).

Németh és Kádár (1999) szerint a túltrágyázás elkerülhető, ha a termesztett növények igényéhez, a környezeti feltételekhez és a termőhely adottságaihoz igazodó nitrogéntrágyázást alkalmazunk.

Divito et al. (2011) a N-utánpótlás tanulmányozása során nem tapasztaltak mineralizálható-N redukciót a N-szint emelkedésével, ami azért következhetett be, mert nem voltak megfelelőek a körülmények a biológiai mineralizáció számára a talaj elsavanyodása miatt. Végül megállapították, hogy a N-trágyázás nem károsította jelentősebb mértékben a talaj tulajdonságait.

Természetes körülmények között a mineralizálható, szerves kötésben jelen lévő nitrogén és a szerves nitrogén feltáródásának mértéke határozza meg a talaj biológiai állapotát (Ballenger és Mados, 1944). Miao et al. (2014) szerint nagyon fontos megvizsgálni a nitrát-N mennyiségét és redukcióját a talajban. Li et al. (2014) kutatásai során megállapították, hogy mind a nitrát-N csökkenésének mértéke és mind a nitrát-akkumuláció mennyisége növekedett nitrát-N terhelés hatására. Egy másik vizsgálat során arra a következtetésre jutottak, hogy a műtrágya kezelése hatására mért kisebb nitrát értékek, a nagyobb növényi biomasza fokozottabb tápanyagigényével van összefüggésben (Jakab et al., 2011). Káta et al. (2008) szerint a nitrát-feltáródás mértéke az alacsony és közepes dózisú zeolit- és bentonitkezelések mellett növekedett, míg a magas dózis csökkentette a nitrát-feltáródás mértékét. Egy 2014-es tanulmányban, melyben a nitrogén-forgalom elemeit vizsgálták, korrelációt állapítottak meg a nitrát feltáródás és a szerves nitrogén mennyisége között kukorica monokultúrában (Káta et al., 2014).

A tápanyag-gazdálkodás számszerű vizsgálatához tápelem-mérlegeket kell felállítani, ami a gazdálkodás elemforgalmának figyelemmel kísérését jelenti. A mérleg elkészítése során minden olyan tényezőt figyelembe kell venni, ami növelheti vagy csökkentheti a talaj tápelem-készletét (Kádár, 2005). A bevételi oldalon jelenhet meg a műtrágyázás, szerves trágyázás, öntözővízzel kijuttatott tápelemek, a szabadon élő baktériumok és a pillangós növények gyökérgümöiben élő szimbiota baktériumok által megkötött nitrogén, az atmo-

szférából a talajba kerülő tápanyagok, a vetőmag tápelem-tartalma és a mineralizációval feltáródó tápelemek mennyisége (Kádár, 1992). Míg veszteség lehet a terméssel betakarított nitrogén mennyiség, erózió révén eltávozott nitrogén, a kimosódás és a gázalakú N-vesztés (Németh, 1996).

A vetésváltás is egy nagyon fontos agrotechnikai eljárás a fenntartható növénytermesztés szempontjából, mely részben pótolja a tápanyagellátást és külső energia befektetés nélkül terméstöbbletet eredményezhet, továbbá mobilizálni képes a természetes erőforrásokat a talajban (Kismányoky, 2010). A kukorica termesztése során akár 23%-os termésmennyiség növekedés is realizálható a vetésciklus alkalmazásával (Pepó, 2010).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A különböző kezelések hatását a talaj nitrogén-forgalmára a talaj fizikai-kémiai és mikrobiológiai tulajdonságainak változásával követtük nyomon, különböző adagú trágyakezelések mellett [kontroll (0), kis (N₆₀ P₄₅ K₄₅), közepes (N₁₂₀ P₉₀ K₉₀), nagy (N₁₈₀ P₁₃₅ K₁₃₅), túlzott (N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀) dózisok]. A komplex műtrágyát 2013. október 5-én juttatták ki, mely során a nitrogén 50%-a, a foszfor és a kálium 100%-a került a talajba, majd 2014 április 7-én kijuttatták a nitrogén másik 50%-át is. A tartamkísérlet beállítására – Debrecenről 15 km-re, Látóképen – 30 évvel ezelőtt került sor mészkőpedékes-csernozjom talajon. A vizsgálatainkat kukorica mono-, kukorica-búza bi-, és kukorica-búza-borsó trikulturnál végeztük. A kísérlet talajának textúrája vályog, kémhatása gyengén savanyú-savanyú, felvehető foszfor- és káliumtartalom szempontjából közepesen, illetve jól ellátott.

A nedvességtartalmat a talaj 24 órára, 105 °C-on történő szárításával határoztuk meg (Klimes-Szmik, 1970). A talaj pH-ját desztillált vízben és 1 M-os KCl-ban mértük, a talaj/víz aránya 1/2,5 volt. A talaj hidrolitos aciditását (y₁) Buzás (1988) módszere alapján vizsgáltuk. A talaj NO₃-N tartalmát Felföldy (1987) szerint mértük, míg a szerves-C tartalmát Székely et al. (1960) által leírt módszer alapján határoztuk meg, melynek eredményeiből szerves-N tartalmat számítottunk. A nitrát-feltáródást két hetes inkubáció után (Felföldy, 1987) mértük. A nitrifikáló baktériumok mennyiségét a talajban Pochon és Tardieux (1962) által leírt módszer alapján vizsgáltuk. A baktériumok mennyiségének meghatározását lemezöntéses módszerrel (Szegei, 1979) végeztük el.

A talaj felső 20 cm-es rétegéből összesen 30 mintát vettünk 2014. május 23-án, öntözött és öntözetlen parcellákból.

Az eredmények statisztikai elemzéséhez háromtényezős varianciaanalízist alkalmaztunk SPSS 13.0 for Windows és Microsoft Office Excel 2007 programok használatával.

EREDMÉNYEK

A talaj mért fizikai, kémiai tulajdonságainak a változását az 1. táblázat tartalmazza.

A talaj nedvességtartalma 19,06 és 21,08 tömeg% között változott. Nem mutatkozott különbség az öntözetlen és az öntözött kezelése között sem.

A talaj kémhatásának és nedvességtartalmának alakulása különböző agrotechnikai tényezők hatására

	Kezelések(1)	Nedvességtartalom (%) (2)	pH H ₂ O	pH KCl	y ₁
Mono- kultúra(3)	Kontroll(8)	19,48	6,50	5,56	7,65
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	19,95	6,36	5,43	8,75
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	19,59	6,30	5,38	9,75
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	19,46	*5,48	*4,85	*15,00
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	19,48	*5,41	*4,79	*15,45
	*SzD _{5%} (9)	1,32	0,80	0,57	0,57
	Kontroll(8)	18,26	6,34	5,35	10,30
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	19,51	6,30	5,18	*11,60
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	19,23	5,85	5,00	*13,75
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	20,43	5,84	4,86	*14,75
N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	19,06	*5,42	*4,70	*17,55	
*SzD _{5%} (9)	2,23	0,80	0,60	0,60	
Bi- kultúra(4)	Kontroll(8)	20,29	5,92	4,82	15,05
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	19,69	5,75	4,75	*16,45
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	19,46	5,66	4,78	15,50
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	19,2	5,46	4,54	*10,40
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	19,48	5,15	4,34	*18,80
	*SzD _{5%} (9)	1,50	0,94	0,64	0,97
	Kontroll(8)	19,72	6,38	5,21	12,45
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	19,66	6,20	5,00	12,95
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	18,90	6,06	5,14	11,15
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	20,09	6,07	4,95	*13,90
N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	20,05	5,76	4,95	*14,05	
*SzD _{5%} (9)	0,74	0,69	0,37	0,95	
Tri- kultúra(5)	Kontroll(8)	20,29	6,02	4,94	12,60
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	19,12	5,52	4,74	*14,05
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*21,08	5,85	4,81	*14,80
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	20,02	*5,30	4,62	*17,40
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	19,99	*4,95	4,32	*22,95
	*SzD _{5%} (9)	0,45	0,58	0,74	1,28
	Kontroll(8)	19,96	6,37	5,25	10,00
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	20,54	6,04	5,02	12,15
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	20,40	5,82	4,95	12,80
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	19,86	5,62	4,74	*15,35
N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	19,98	5,62	4,64	*17,00	
*SzD _{5%} (9)	0,92	1,00	0,76	4,33	

Table 1: Effects of agrotechnical methods on the change of moisture content and pH values in the soils
Treatments(1), Water content(2), Monoculture(3), Biculture(4), Triculture(5), Non irrigated(6), Irrigated(7), Control(8), LSD_{5%}(9)

A különböző dózisú trágyakezelések, a vetésváltás és az öntözés hatását vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a talaj a N₁₂₀ P₉₀ K₉₀ és N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀ dózisú műtrágyázás hatására szignifikánsan savanyodott, amit a pH mérésekor mind a desztillált vizes, mind a kálium-kloridos közegben mért értékek bizonyítottak. A hidrolitos aciditás ezen kezelésekben statisztikailag igazolható módon nőtt. Ugyanakkor azt tapasztaltuk, hogy az y₁-értékei már a kisebb dózisok mellett is szignifikáns emelkedést mutattak, ami a műtrágya dózisok kijuttatásával történő savanyító hatásra utal. Az öntözés nem befolyásolta számottevően a talaj pH-ját a különböző vetésváltásokban sem.

A szerves szén alapján számított szerves nitrogén (2. táblázat) mennyisége nem mutatott következetes, tendencia jellegű változást. Bikultúrában és trikultúrában, öntözött körülmények között N₆₀ P₄₅ K₄₅ és N₁₂₀ P₉₀ K₉₀ adagú dózisai mellett szignifikánsan növeke-

de a szerves nitrogéntartalom, ugyanakkor a vetésváltás és az öntözés hatására sem tudunk egyértelmű választ adni.

A nitrát mennyisége a mono- és bikultúrában a közepes-nagy és a N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀ dózisú trágyakezelések hatására szignifikánsan nőtt, míg a trikultúrában már a N₁₂₀ P₉₀ K₉₀ dózissal is szignifikáns növekedést figyelhetünk meg, öntözött és öntözetlen körülmények között is. A mono- és trikultúrákban természetesen mért nitrát mennyisége szignifikánsan több volt a kezelések hatására, mint a bikultúrában alkalmazott ugyanazon trágyadózisok mellett mért értékek. Ugyanakkor az eredmények jól bizonyítják az öntözés kedvező hatását a tápanyag-feltáródás mértékére és a tápanyag-utánpótlás hatására, hiszen az öntözött kultúrák nitrát-tartalma nagyobbak bizonyult, mint az öntözetleneké ugyanazon kezelések mellett, elsősorban nagyobb műtrágya dózisok esetében.

A vizsgált nitrogénformák változása különböző agrotechnikai tényezők hatására

	Kezelések(1)	Szerves nitrogén (számított) (%) (2)	NO ₃ -N (mg/kg) (3)	Nitrát-feltáródás (mg/kg) (4)	Összes csíraszám 10 ⁶ telep/g (5)
Mono- kultúra(6)	Kontroll(11)	1,13	49,19	6,48	6,27
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,16	62,93	12,27	3,77
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1,14	76,17	-10,85	4,68
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	1,13	*319,41	*-70,07	8,68
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	*2,18	*813,73	-16,30	*9,59
	*SzD _{5%} (12)	0,08	43,04	60,33	1,69
	Kontroll(11)	1,06	77,36	10,89	6,18
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,13	*122,29	*22,54	5,77
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1,12	*169,50	*-21,39	7,09
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	*1,19	*181,52	*-42,91	5,36
Bi- kultúra(7)	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,11	*343,92	*-76,95	5,45
	*SzD _{5%} (12)	0,13	30,97	10,45	4,28
	Kontroll(11)	1,18	50,33	9,53	5,91
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	*1,14	83,30	6,36	*4,77
	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*1,13	*137,92	*40,83	5,68
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	*1,12	96,04	*53,56	*3,96
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	*1,13	*113,78	*89,34	*4,23
	*SzD _{5%} (12)	0,03	54,57	28,76	0,74
	Kontroll(11)	1,15	28,73	13,83	4,50
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,14	36,18	8,95	5,05
Öntözött(10)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*1,10	96,64	*51,80	4,05
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	1,17	*131,58	*63,29	3,45
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,17	*162,18	*52,88	5,36
	*SzD _{5%} (12)	0,04	80,00	18,01	2,86
	Kontroll(11)	1,18	40,85	2,24	6,09
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	*1,11	60,25	34,28	*3,64
Öntözetlen(9)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*1,23	*180,35	*63,00	3,86
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	1,16	*272,84	*73,55	5,64
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,16	*210,62	*87,91	4,23
	*SzD _{5%} (12)	0,03	26,36	34,03	2,39
	Kontroll(11)	1,16	31,62	5,82	4,09
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,19	80,16	18,31	5,45
Öntözött(10)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1,19	*309,15	*-148,71	*8,09
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	1,15	*393,72	*-201,64	5,00
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,16	*361,98	*-214,59	6,00
	*SzD _{5%} (12)	0,05	65,34	74,27	3,15
	Kontroll(11)	1,18	40,85	2,24	6,09
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	*1,11	60,25	34,28	*3,64
Tri- kultúra(8)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	*1,23	*180,35	*63,00	3,86
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	1,16	*272,84	*73,55	5,64
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,16	*210,62	*87,91	4,23
	*SzD _{5%} (12)	0,03	26,36	34,03	2,39
	Kontroll(11)	1,16	31,62	5,82	4,09
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,19	80,16	18,31	5,45
Öntözött(10)	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	1,19	*309,15	*-148,71	*8,09
	N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	1,15	*393,72	*-201,64	5,00
	N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	1,16	*361,98	*-214,59	6,00
	*SzD _{5%} (12)	0,05	65,34	74,27	3,15
	Kontroll(11)	1,18	40,85	2,24	6,09
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	*1,11	60,25	34,28	*3,64

Table 2: Effects of agrotechnical methods on the change of measured nitrogen forms and total number of bacteria
Treatments(1), Organic nitrogen (calculated)(2), Nitrate(3), Nitrate exploration(4), Total bacteria (10⁶ colony g⁻¹)(5), Monoculture(6), Biculture(7), Triculture(8), Non irrigated(9), Irrigated(10), LSD_{5%}(12)

A nitrát-feltáródás vizsgálatát laboratóriumi körülmények között végeztük. A talajokat 10 napig 28 °C-on termosztátban inkubáltuk. A talaj érlelése során általában növekszik a nitrát-feltáródás. Eredményeinket értékelve azt tapasztaltuk, hogy a monokultúra mindkét öntözési változatában és a trikulturúra öntözött trágyakezeléseiben már a N₁₂₀ P₉₀ K₉₀ dózistól kezdődően, következetesen negatív eredményeket kaptunk, mivel a 2 hetes inkubáció után mért értékek alacsonyabbak voltak, mint a nulladik időpontban mérték. A jelenséget azzal magyarázhatjuk, hogy ideális körülmények között tovább folytatódott a be nem fejezett szerves anyag átalakulás, amely az egyébként is tekintélyes mennyiségű nitrát-tartalom értékét, nem hogy növelte, hanem csökkentette. A növényi maradványok lebontásához a mikroorganizmusok ásványi nitrogént használnak fel.

Valószínűsíthetjük, hogy ez a következetes mérési eredmény elsősorban ennek köszönhető. A bikultúra mindkét öntözési változatában és a trikulturúra öntözetlen kezeléseiben a trágyaszintekkel szinte párhuzamosan, az esetek többségében szignifikánsan növekedett a nitrát-feltáródás.

Az összes baktériumszám csak néhány kezelésben változott szignifikánsan, azonban azt is megállapítottuk, hogy mennyiségük a legtöbb esetben N₁₂₀ P₉₀ K₉₀ dóziséig növekedett, míg a N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀ dóziséig csökkenést mutatott. Tehát megállapíthatjuk, hogy az N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀ adagú műtrágya már kedvezőtlenül befolyásolta a talajban előforduló baktériumok mennyiségét. A vetésváltás és öntözés számottevően nem befolyásolta az összes csíra-számot.

A nitrifikáló baktériumok mennyiségének értékei nem szerepelnek a táblázatban, mégis megemlítjük, hogy értékük az összes trágyakezelésnél, mindegyik vetésváltásnál, öntözött és öntözetlen körülmények között is nagyon alacsony volt (0,02–0,93 ind./g), amit a talaj kémhatásának kezelése okozta változásával hoztunk összefüggésbe.

KÖVETKEZTETÉSEK

Eredményeink alapján megállapítható, hogy a műtrágya-kezelések – nem minden esetben szignifikánsan – de befolyásolták a talaj néhány mért fizikai- kémiai és mikrobiológiai paramétereit, melynek keretében a talaj nitrogén körfolyamatának néhány paramétereit vizsgáltuk:

A talaj nedvességtartalma 19,06 és 21,08 tömeg% között változott. A talaj kémhatása csökkent, mellyel párhuzamosan a hidrolitos aciditás (y_1) értékei növekedtek. A trágyadózisok hatására a talaj savanyodása nőtt, melynek valószínűsíthető következménye lehet az összes-csírászám csökkenése és a nitrifikáló bakté-

riumok rendkívül alacsony száma. A szerves nitrogén mennyisége alig változott. A nitrát mennyisége a mono- és bikultúrában a $N_{180} P_{135} K_{135}$ és a $N_{240} P_{180} K_{180}$ dózisok hatására nőtt szignifikánsan, míg trikultúrában már a $N_{120} P_{90} K_{90}$ dózisonál is szignifikáns növekedést figyeltünk meg. A nitrát-feltáródás eredményeinek értékelésekor több esetben negatív eredményt kaptunk, amelynek az lehet a magyarázata, hogy a talajban lévő mikroorganizmusok életfolyamataikhoz hasznosíthaták annak mennyiségét. Megállapítottuk továbbá, hogy a $N_{240} P_{180} K_{180}$ adagú műtrágya kedvezőtlenül befolyásolta a talajban előforduló baktériumok mennyiségét.

A vetésváltás hatásának értékelésénél kiemelhető, hogy a mono- és trikultúras termesztésben nagyobb pozitív irányú hatást bizonyítottunk a kezelésekre hatására talaj nitrát-tartalmának változására, és a nitrát-feltáródás mértékére is.

Az öntözés kedvező hatását eredményeink is alátámasztják, hiszen a nitrogén tápanyag-feltáródását a bikultúrában és a trikultúrában is pozitívan befolyásolta.

IRODALOM

- Ballenger R.–Mados L. (1944): Talajvizsgálati módszerkönyv. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Berényi S.–Berátné Sz. E.–Péppő 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.
- 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.
- 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.
- Felföldy L. (1987): A biológiai vízminősítés (4. Javított és bővített kiadás). Budapest. 172–174.
- Helmecci B. (1983): Műtrágyák hatása a talaj mikroflórájára. *Agrokémia és Talajtan*. 32. 3–4: 580–593.
- Jakab A.–Kátai J.–Tállai M.–Balláné Kovács A. (2011): Baktériumtrágyák hatása mészlepedékes csernozjom talaj tulajdonságaira és az angolperje (*Lolium perenne* L.) biomasszájára. *Agrokémia és Talajtan*. 60: 219–232.
- Jarvis, C.–Stockdale, A.–Shepherrd, A.–Powelson, S. (1996): Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils processes and measurement. *Advances in Agronomy* 57: 187–235.
- Kádár I. (1992): A növényátlálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete. Budapest. 32–64.
- Kádár I. (2005): Búcsú a műtrágyáktól. 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.–Krempner, R.–Tállai, M. (2008): The effect of zeolite and bentonite on some soil chemical and microbiological characteristics on the biomass of the test plant. *Analele Universitatii din Oradea. Fascicula: Protectia Mediului*. 13: 71–79.
- Kátai, J.–Zsuposné Oláh, Á.–Sándor, Zs.–Tállai, M. (2014): Comparison of soil parameters of the carbon and nitrogen cycles in a long term fertilization field experiment. *Agrokémia és Talajtan*. 63. 1: 129–138.
- Kismányoky T. (2010): Elővetemény és tápanyaghatások különböző talajtípusokon. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. Debrecen. 103–111.
- Klimes-Szmik A. (1970): A talajok fizikai tulajdonságainak vizsgálata. [In: Ballenger R.–di Gléria J. (szerk.) Talaj- és trágyavizsgáló módszerek.] Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 83–161.
- Li, Z.–Xinyi, W.–Qing, Z.–Yanxin, Z. (2014): Study on transformation mechanism of nitrate in a loose-pore geothermal reservoir: Experimental results and numerical simulations. *Journal of Geochemical Exploration*. 144: 208–215.
- Miao, Y.–Wang, Z.–Li, S. (2014): Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Research*. (in print)
- 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.
- Németh T.–Buzás I. (1991): Nitrogéntrágyázási tartamkísérlet humusos homok- és mészlepedékes 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. Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai. Debrecen. 29–36.
- Péppő 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.
- 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 trágya-reakciója réti talajon. *Növénytermelés*. 44. 2: 184–190.
- Szegi J. (1979): Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 250–256.
- Székely Á.–Schlick B.-né–Szabó T.-né (1960): Szerveskötésű szén fotometrikus és klorometrikus meghatározása. *Agrokémia és Talajtan*. 9. 1–4: 111–120.
- Szentpétery Zs.–Jolánkai M.–Szöllösi G. (2005): Nitrogénfejtágyázás hatása a búza termésmennyiségére és minőségére. Korszakváltás a hazai mezőgazdaságban: A modern növénytermesztés alapjai. Debrecen. 37–42.
- Viswakumar, A.–Mullen, R. V.–Sundermeier, A.–Dygert, C. E. (2008): Tillage and Nitrogen Application Methodology on Corn Grain Yield. *Journal of Plant Nutrition*. 31: 1963–1974.