

(35) **HOFFMANN S., SIMON SZ., LEPOSSA A.**

Szerves és műtrágyázás hatása a N- és C-mérlegekre a talajban, valamint a termésre szántóföldi tartamkísérletben

Impact of mineral and organic fertilization on the N and C balances in the soil, as well as on the yield, in a long-term field experiment

hoffmann-s@georgikon.hu

Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növénytermesztástani és Talajtani Tanszék, H-8360 Keszthely, Deák F. u. 16.

Abstract

Data of a 49-year-old organic-mineral fertilization field experiment with potato-maize-maize-wheat-wheat crop rotation, were used to analyze the impact of different fertilizer variations on yield ability, soil organic carbon content (SOC), N- and C-balances. Among the treatments, the fertilization variant with 87 kg ha⁻¹ a-1 N proved to be economically optimum (94% of the maximum). About 40 years after the initiation of the experiment a supposed steady-state condition of SOC-content has attained, with a value of 0.81% in the upper soil layer of the unfertilized control plot. Farmyard manure (FYM) treatments resulted in 10% higher SOC content than that of equivalent NPK fertilizer doses. Best C-balances resulted with exclusive mineral fertilization variants (-3.8 and -3.7 t ha⁻¹ a-1, respectively). N-uptake on the unfertilized control plot suggested 48 kg ha⁻¹ a-1 airborne N-input.

Kivonat

Egy burgonya – kukorica – őszi búza növényi összetétellel beállított szántóföldi tartamkísérletben különböző adagú szerves és műtrágya kezelések sokéves hatását tanulmányoztuk a talaj szerves széntartalmára (SOC), a N- és C-mérlegekre, valamint a terméshozamokra. Az egyes kezelések közül a 87 kg ha⁻¹ év⁻¹ N trágyázási változat bizonyult gazdaságossági szempontból optimálisnak (a maximum 94%-a). A tartamkísérlet kezdetét követően mintegy 40 évvel a SOC egyensúlyi állapota feltételezhetően beállt, értéke a trágyázatlan kontrollterület felső talajrétegében 0,81% volt. Az istállótrágyás kezelések 10%-kal magasabb SOC-értéket eredményeztek az egyenértékű NPK műtrágya-adagokhoz képest. A legjobb C-mérleget a kizárólagos műtrágyaváltozatok eredményezték (-3,8 és -3,7 t ha⁻¹ év⁻¹). A trágyázatlan kontroll területeken a növények N-felvétele alapján az éves átlagos légkörből származó N-utánpótlás (N-kiülepedés és aszimbiotikus N-megkötés) értéke 48 kg ha⁻¹ volt.

Kulcsszavak: szántóföldi tartamkísérlet, istállótrágyázás és műtrágyázás, szerves szén, C- és N- mérleg

Bevezetés

A talajtermékenység fenntartásában egyik legfontosabb tényező a trágyázás módjának megfelelő megválasztása. A talaj szerves anyag tartalma alapvetően meghatározza a talaj minőségi állapotát (Körschens, 2002; Körschens et al. 2005; Miles et al. 2008), azonban a szerves anyag tartalom optimális mennyiségei a talaj típusától függőek és csak igen lassan változnak ahhoz hogy kellően jelezzék a gazdálkodás hatására az utóbbi időben bekövetkezett változásokat (Bandick and Dick 1999).

A talaj szerves szén tartalmában történt változások felismeréséhez szükséges idő hossza függ az adott talaj tulajdonságainak térbeli változékonyságától, a vizsgált mélységtől és a változás sebességétől (Schrumpp et al. 2011). A talaj termékenységét legjobban a termések nagysága jellemzi, azonban ezek nagymértékben függenek a vízellátottságtól és az agrotechnikától, következésképpen az eredmények megfelelő értelmezése a körülmények kielégítő ismeretét és sokéves adatokat igényel. Ezért a változások nem tanulmányozhatók objektíven gazdasági szántóföldi táblákon, ahol nem állnak rendelkezésre referencia adatok, az adatok rövidtávúak és az előzmények nem kellően dokumentáltak. Erre a célra szántóföldi tartamkísérletek a legalkalmasabbak, amelyek eredetileg ugyan más céllal lettek beállítva, de a

sokféle tápanyagkezelésükkel reális alapot nyújthatnak a talajtermékenység kérdéseinek tanulmányozásához.

Anyag és módszer

A talajtermékenység egyes jellemzőinek értékeléséhez egy szántóföldi tartamkísérlet kiválasztott kezeléseit használtuk. A kísérlet egy 1963-ban Láng Géza akadémikus által beállított szerves- és műtrágyázási tartamkísérlet, mely istállótrágya, vagy ekvivalens hatóanyag-tartalmú NPK műtrágyák különböző adagjaival, továbbá műtrágya és istállótrágya vagy szalma alászántás kombinált kezeléseivel, két vetésforgóval („A” és „B”), 15-15 kezeléssel, négy ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben folyik, Keszthelyen. Egy parcella mérete $7 \times 14 = 98 \text{ m}^2$. A két vetésforgó növényi összetétele és sorrendje a következő: "A" forgó: burgonya - kukorica - kukorica - őszi búza - őszi búza, a "B" forgó: burgonya - őszi búza - őszi búza - kukorica - kukorica. A trágyahatásokat az „A” vetésforgóban vizsgáltuk és olyan kezeléseket választottunk ki, amelyek különböző szintű tápanyag-ellátási normákat modelleznek és ezek hatékonyságát és a talajtermékenységre gyakorolt hosszú távú hatását is megbízhatóan tükrözik (1. táblázat).

1. táblázat: A szerves-műtrágyázási kísérlet vizsgálatba vont kezelése és az egy évre jutó NPK hatóanyag

Trágyaforma és adag a forgóban 5 évre		Kezelés kód	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O kg év ⁻¹
1.	Kezeletlen kontroll	Kontroll	N ₀ P ₀ K ₀
2.	35 t/ha FYM ^a	1 FYM	N ₄₄ P ₃₈ K ₄₉
3.	70 t/ha FYM	2 FYM	N ₈₈ P ₇₆ K ₉₈
4.	105 t/ha FYM	3 FYM	N ₁₃₂ P ₁₁₄ K ₁₄₇
5.	35 t/ha FYM ekv. ^b NPK	1 ekv.	N ₄₄ P ₃₈ K ₄₉
6.	70 t/ha FYM ekv. NPK	2 ekv.	N ₈₈ P ₇₆ K ₉₈
7.	105 t/ha FYM ekv. NPK	3 ekv.	N ₁₃₂ P ₁₁₄ K ₁₄₇
8.	1 FYM + N ₆₄₀ P ₃₆₀ K ₆₆₀	1 FYM +NPK	N ₁₇₂ P ₁₁₀ K ₁₈₁
9.	1 ekv.+ N ₆₄₀ P ₃₆₀ K ₆₆₀	1 ekv +NPK	N ₁₇₂ P ₁₁₀ K ₁₈₁

Magyarázat: ^aFYM= istállótrágya bevizsgált NPK hatóanyag tartalommal

^bekv= istállótrágya hatóanyag tartalmával egyenértékű műtrágya-NPK

A kísérletben az istállótrágya adagok az első és harmadik évben, a műtrágyák évente kerülnek kijuttatásra. A kísérleti tér talajának beállításkori talaj adatai: H=1,5-1,7%; pH_{KCl}=7,1-7,3; K_A= 37; AL-P₂O₅= 27-60 mg·kg⁻¹, AL-K₂O=135-160 mg·kg⁻¹, agyag= 21,3%; homokos vályog fizikai féleség. A termőhelyen az évi átlagos hőmérséklet 10,4°C, a sokéves csapadék (1951-2000) mennyisége 654 mm. A kísérleti tér klímája mérsékelt meleg és csapadékkal viszonylag jól ellátott. Az elmúlt 50 évben (1951-2000) azonban a csapadék éves összege 46 mm-rel, az átlaghőmérséklet pedig 0,4°C-kal csökkent az előző 50 éves (1901-1950) adatokhoz képest. Az utóbbi tíz évben azonban az éves átlaghőmérséklet újra növekedett 0,3°C-al, az éves csapadékösszeg pedig tovább csökkent 16,5 mm-rel. Jelen dolgozatban az „A”vetésforgó terméseredményei, a talaj szerves anyag tartalmának változásai, továbbá a nitrogén és szén mérlegek kerülnek bemutatásra a tartamkísérlet két utolsó öt éves periódusának átlagában.

A N- és C-mérlegek készítésének módja

A nitrogén esetében egyszerű mérlegek készítése történt. A mérleg pozitív oldalán a szerves- és műtrágyák N-tartalmát számítottuk be, a talaj N-szolgáltatását és a légköri N-forrásokat nem vontuk be a számításokba. Negatív oldalon a növények föld feletti részének N-kivonása került felhasználásra.

A szénmérlegek számítását környezetvédelmi szempontból közelítettük meg. Azt vettük figyelembe, hogy adott kezelés növényei mennyi szenet képesek kivonni a légkörből. Ez esetben a mérleg pozitív

LIV.

GEORGIKON NAPOK

54th Georgikon Scientific Conference

oldalát a kísérlet trágyakezelései által képviselt C-mennyiségek jelentették (az istállótrágya C-tartalma, illetve a műtrágyák gyártása során történt C-felhasználás). A mérleg negatív oldalát a növényi biomassza C-tartalma jelentette. A számításokhoz a fajlagos értékeket a nemzetközi szakirodalomban közölt adatokból becsültük (Rathke et al., 2002, Körschens, 2011), ennek megfelelően a növényi biomassza szárazanyag tömegének 41%-ával és a nyers istállótrágya tömegének 10%-ával kalkuláltunk.

Eredmények és értékelésük

A különböző trágyaformák és adagok hatása a termésre

A különböző formában és adagban kiadott trágyaféleségeknek a vetésforgó növényeinek termésére gyakorolt hatását a 2. táblázat mutatja. A legnagyobb terméseket nagy műtrágya adagokkal, illetve az istállótrágya-műtrágya kombinációjával lehetett elérni. Jól látható azonban, hogy már a 2 ekv (88 kg ha⁻¹ N) műtrágyakezelés eredményeképpen létrejött egy olyan termésszint, amely az adott körülmények között az ökonómiailag optimális termésnek ítéltető. Az ennél jelentősen nagyobb trágya adagok csak magas szintű agrotechnika és speciális minőségi célok esetében lehetnek indokoltak. Az istállótrágya adagok (öt évre két részletben kiadva) termései jelentősen elmaradtak az azonos hatóanyaggal, de évenként kijuttatott műtrágyákétól. Így, az egyszeres istállótrágya adagnak megfelelő műtrágya (1 ekv) kezelés közel akkora termést adott, mint a háromszoros istállótrágya kezelés. Ennek nyilvánvaló oka a tápanyagok nem megfelelő dinamikájú felszabadulásából származó rosszabb hasznosulás, ill. a talaj-szervesanyagba történő fokozott beépülés. A műtrágyázás pozitív hatása valamennyi növényfaj esetében egységesen érvényesült. Az azonos hatóanyag tartalmú istálló és műtrágya kezelések átlagait összehasonlítva az istállótrágyázás hatékonysága csupán 82 %-a volt a műtrágyázásnak. Az ötévenkénti istállótrágyázással kombinált nagyadagú műtrágyázás viszont tovább növelte a hasonló adagú csak műtrágyázott kezelés termését. A szántóföldi tartamkísérletek trágyázatlan kontroll parcellái is igen értékes kísérleti eredményeket szolgáltatnak, mivel ezek segítségével választ kaphatunk arra, hogy adott talajon trágyázás nélkül hosszú idő alatt milyen termékenység alakul ki. Ezen parcellák talajai ugyanis a saját N-szolgáltatás tekintetében gyakorlatilag kimerültnek tekinthetők, N-forrásuk csak a légkörből (kiülepedő N-vegyületek és szabadonélő mikrobiális megkötés) származhat. Estünkben a kísérlet utolsó tíz évének terméseinek N-felvétele alapján a kontroll parcellákon az éves átlagos N-felvétel 48 kg ha⁻¹ volt, melynek forrása így csak a légkör lehetett.

2. táblázat: A vetésforgó növényeinek összevont éves átlagtermései (GE t/ha/év)

Sorszám	Kezelés	Termés (2000-2009)	
		t/ha	%
1.	Kontroll	3,73 a	55,7
2.	1 FYM	4,64 b	68,5
3.	2 FYM	5,01 b	74,5
4.	3 FYM	5,47 c	80,8
	ÁTLAG	5,04	74,6
5.	1 ekv.	5,27 b	77,5
6.	2 ekv.	6,34 d	93,8
7.	3 ekv	6,26 d	93,3
	ÁTLAG	5,96	88,2
8.	1 FYM +NPK	6,70 d	98,9
9.	1 ekv + NPK	6,65 d	98,0
	SZD 5%	0,76	11,30

A különböző trágyaformák és adagok hatása a talaj szervesanyag tartalmára

Ismert, hogy a talaj szervesanyag tartalma lassan változik, jelentős különbségek e kísérletben sem figyelhetők meg. A 3. táblázatban a kísérlet elindulása utáni 20. évből, 1983-ból, majd az utolsó 10 évből mutatjuk be azokat az adatokat, mely években részletes talajvizsgálat történt. Az egyes vizsgálati adatokat összehasonlítva látható, hogy sem az utolsó tíz év eredményei között, sem az 1983-as adatok és a többi adat között nincsenek jelentős nagyságú eltérések egyik kezelés esetében sem. Ebből arra lehet következtetni, hogy a talaj szervesanyag tartalmában beállt egy egyensúly-közeli állapot.

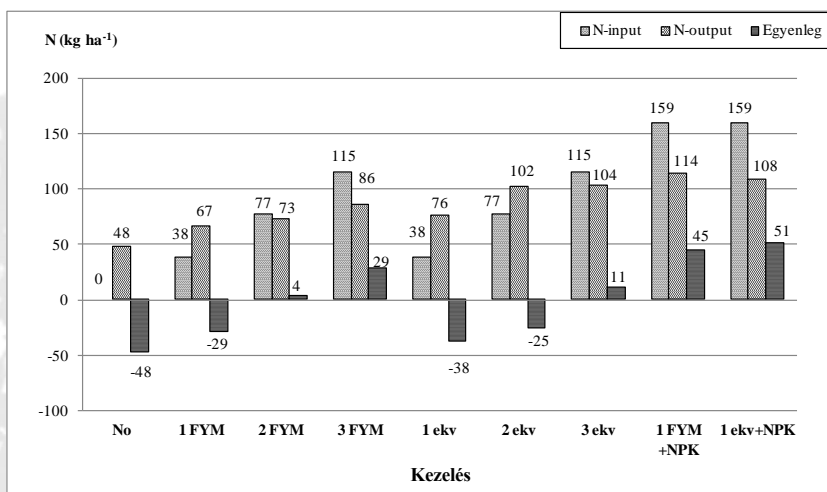
3. táblázat: A sokéves trágyázás hatása a talaj szervesanyag tartalmára (2010)

Kezelés	1983 %	2000 %	2002 %	2007 %	2010 %	Átlag (2000- 2010) %
Kontroll	1,48	1,35	1,38	1,40	1,45	1,40
1 FYM	1,65	1,47	1,53	1,47	1,73	1,55
2 FYM	1,51	1,73	1,58	1,53	1,75	1,65
3 FYM	1,70	1,79	1,68	1,74	1,81	1,76
FYM átlag	1,62	1,66	1,60	1,58	1,76	1,65
1 ekv	1,38	1,45	1,47	1,56	1,51	1,50
2 ekv	1,51	1,26	1,61	1,40	1,53	1,45
3 ekv	1,69	1,49	1,64	1,61	1,67	1,60
Ekv átlag	1,53	1,40	1,57	1,52	1,57	1,52
1 FYM+NPK	1,41	1,55	1,59	1,60	1,75	1,62
1 ekv+NPK	1,45	1,43	1,52	1,50	1,68	1,53
Össz. átlag	1,53	1,50	1,56	1,53	1,65	1,56

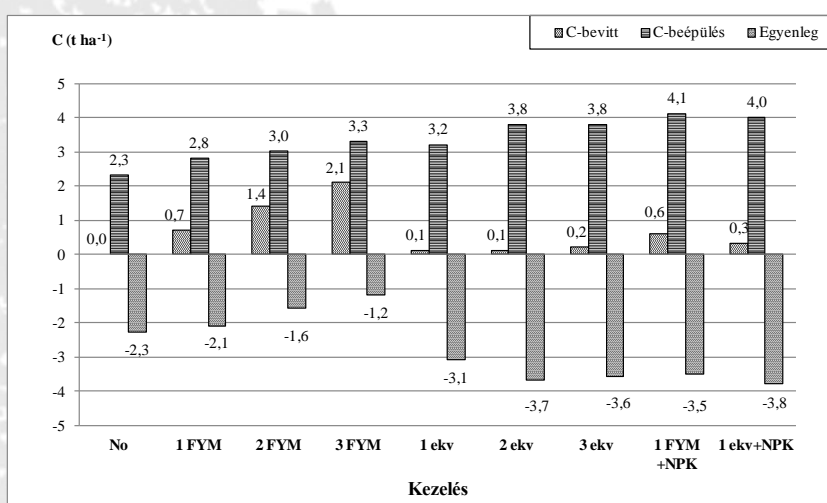
Az látható viszont, hogy az adatok között fennáll bizonyos mértékű szórás, mely a művelt talaj heterogenitásából és mintavételi hibákból származhat. Ez is igazolja, hogy szükség van tartamkísérletekre, mivel ezek segítségével objektíven értékelhetők a kisebb eltérések, és elkerülhetők a téves következtetések. A kisebb mértékű eltérésekből azonban bizonyos tendenciák megállapíthatók. Az 1963 óta trágyázásban nem részesített kontroll parcellákon mért eredmények úgy tekinthetők, mint az adott talaj inert szerves anyag tartalma, mely feltehetően nem csökken tovább. Az istállótrágya és a műtrágya variánsok hatása között azonban világos különbségek látszanak. A kontrollhoz képest az istállótrágyázás átlagosan 18,5 rel. %-kal, míg a műtrágyázás csupán 8,6 rel. %-kal emelte a szervesanyag tartalmát.

Nitrogén és szénmérlegek

A N-mérlegeket az 1. ábra szemlélteti. A kezeletlen kontroll parcellán tíz év átlagában $48 \text{ ha}^{-1} \text{ év}^{-1}$ volt N-felvétel, melynek a forrása csak légkör lehetett, mivel feltehető, hogy 63 év alatt az évente a talajból szerves anyagából felszabaduló N és a veszteségek egyensúlyba kerültek. A trágyázott parcellákon negatív egyenlegeket figyelhetünk meg az 1 FYM, valamint az 1 ekv és 2 ekv kezeléseket esetében. Ez azt jelenti, hogy ezen kezeléseket esetében biztos nem okozott a N-trágyázás környezeti veszélyt. Az eredményekből az is látható, hogy a 2 ekv kezelés nem csupán mint a termés szempontjából tekinthető optimálisnak, hanem környezetvédelmi szempontból is.



1. ábra: Különböző trágyakezelések egyszerűsített éves N-mérlege



2. ábra: Különböző trágyakezelések éves C-mérlege két vetésciklus (2000-2009) átlagadatai alapján

Jelen publikáció a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003 és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0025 projektek keretében készült. A projektek a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

References

- BANDICK, AK., DICK, PD. (1999) Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biol Biochem.* 31:1471-1479.
- KÖRSCHENS, M. (2002) Importance of soil organic matter (SOM) for biomass production and environment. *Arch Acker Pfl Boden.* 48:89-94.
- KÖRSCHENS, M., ROGASIK, J., SCHULZ, E. (2005) Bilanzierung und Richtwerte organischer Bodensubstanz. *Landbauforsch Völkenr.* 55:1-10.
- KÖRSCHENS, M. (2011) *Személyes adatközlés*
- MILES, N., MEYER, JH., VAN ANTWERPEN, R. (2008) Soil organic matter data: what they do mean? *Proc S Afr Sug Technol Ass.* 81:324-332.

RATHKE, GW., KÖRSHENS, M., DIEPENBROCK, W., (2002) Substance and energy balances in the “Static Fertilisation Experiment Bad Lauchstädt”. *Arch Acker-Pfl Boden.* 48:423-433.
SCHRUMPF, M., SCHULZE, ED., KAISER, K., SCHUMACHER, J. (2011) How accurately can soil organic carbon stocks and stocks changes be quantified by soil inventories? *Biogeosci.* 8:1193-1212.



LIV.
GEORGIKON NAPOK

54th Georgikon Scientific Conference