

Mikrobiális biomassza tömeg, talajszerkezet és humusz vizsgálatok szerves- és nitrogéntrágyázási tartamkísérletben

Kökény Mónika, Tóth Zoltán és Csitári Gábor

Pannon Egyetem Georgikon Kar, 8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

Összefoglalás

Kutatásaink során a műtrágyázás és a kiegészítésként alkalmazott szervestrágyázási változatok hatását vizsgáltuk a mikrobiális biomassza tömegére, a humusz mennyiségére, valamint a talaj szerkezetét meghatározó aggregátumok stabilitására az 1983-ban beállított keszthelyi IOSDV (Internationalen Organischen Stickstoff-Dauerversuch) trágyázási tartamkísérletben.

A kísérlet talaja Ramann-féle barna erdő talaj, homokos vályog fizikai féleséggel. A kísérletben műtrágyát minden parcella kap egységes foszfor és kálium hatóanyag tartalommal, illetve emelkedő nitrogén dózissokkal. A kísérletben a csak műtrágyázott parcellákon kívül különböző szerves anyag kiegészítéseket is alkalmaznak: műtrágya + istállótrágya, műtrágya + zöldtrágya + szárleszántás. Ezen kezelések hatását állapítottuk meg az általunk vizsgált paraméterekre.

Vizsgálataink eredménye szerint az eltérő szerves anyag kiegészítések esetén mért mikrobiális biomassza C mennyisége szignifikáns eltérést mutatott. Hasonlóképpen a humusz mennyiség, valamint az aggregátum stabilitás esetében is statisztikailag igazolhatóak voltak az eltérések. A különböző műtrágya N adagok viszont nem befolyásolták szignifikánsan egyik vizsgált paramétert sem.

Abstract

In our research we examined the effects of different fertilization variations and supplementary organic fertilization on the weight of microbial biomass, the quantity of humus and its effects on the structure of the soil. This research was going on in a long term fertilization experiment called: IOSDV (Internationale organische und Stickstoff Dauerversuche), which was started in 1983 in Keszthely.

The soil is Ramann's brown forest soil, and it's physical tipe is sandy pise. In the experiment the same amount of phosphorous and potassium fertiliser and emerging doses of nitrogen was

given to to every plots. In the experiment there were three types of organic treatments: control (only mineral fertiliser), mineral fertiliser and organic manure and mineral fertiliser plus straw and green manure.

By our result we measured significant difference between the carbon content of the biomass in each treatment. We also get statistically significant results in the quantity of humus and in its effects on the structure of the soil. However the different nitrogen doses have not caused any significant difference between the treatments.

Bevezetés

A földművelési beavatkozások elsődleges célja a talaj szerkezetének javítása, a szerves anyag tartalmának és minőségének növelése, és ezek által a tápanyagellátó képességének, vízgazdálkodásának optimalizálása, illetve a talajélet serkentése. A mikroorganizmusok jelentős szerepet töltenek be a talajban a szerves anyagok lebontásában és a szerkezetesség kialakításában egyaránt. A talaj típusa, nedvességtartalma, a klimatikus viszonyok, illetve a különböző talajhasználati módok jelentősen befolyásolják a mikroorganizmusok előfordulását és mennyiségét.

A talajszerkezet a mezőgazdasági termelés kulcskérdése, hiszen a természetni kívánt növénynek, illetve a terület adottságainak leginkább megfelelő szerkezet kialakítása nélkül elképzelhetetlen az optimális gazdálkodás. Talajszerkezetre sokféle definíciót találunk a szakirodalomban:

Zsoldos (1967) alapján a talaj szerkezetén (struktúráján) a talajnak azt a tulajdonságát értjük, hogy egyes darabja magától vagy enyhe nyomásra, feszítésre a talajra jellemző szerkezeti elemekre esik szét. *Lal* (1991) megállapítása szerint a talaj szerkezetét tulajdonképpen a szerves és szervetlen elemi szemcsék, és az összekapcsolódásuk következtében kialakult szerkezeti elemek, az úgynevezett aggregátumok alkotják. *Schmidt* (2011) definíciója alapján a talajszerkezet a talajnak az az állapota, amelynek képződése folyamán az elsődleges ásványi részecskék összetapadása után nagyobb méretű többé-kevésbé ellenálló másodlagos, harmadlagos halmazok, aggregátumok jönnek létre.

Az aggregátumok stabilitása indikátora a talaj szerkezetének (Six et. al., 2000).

Az aggregátumok kialakulása és bomlása számos folyamat együttes eredménye. Ezen folyamatok fő befolyásolója a környezet, talajművelés, növényzet, mikrobiológiai aktivitás, talajnedvesség (fagyás, száradás), a talaj ásványi összetétele, szervesanyag tartalma, a kicserélhető ionok mennyisége, valamint a tápanyagkészlet (Bronick et. al., 2005).

A talajok szerves C tartalma (*soil organic carbon*, SOC) nagyban befolyásolja a talajaggregátumok kialakulását és azok stabilizálódását (Six et al., 2002).

Az ásványi részekhez nem kötött szerves anyagokat a talaj aerob szervesanyag-bontó mikrobái teszik védetté a dekompozícióval szemben, mert aprítják azokat, így később ásványi anyagokkal kapcsolódhatnak, valamint az aprózódás során ragasztóanyagok szabadulnak fel, melyek elősegítik a szerves-ásványi komplexek kialakulását (Huisz, 2012).

Kutatási munkánk célja az volt, hogy megállapítsuk van-e hatása a szerves kiegészítésnek, illetve a műtrágya adagnak a talaj aggregátum stabilitására, illetve, hogy az hogyan befolyásolja a mikrobiális biomassa tömegét és humusztartalmát? Továbbá, hogy van-e statisztikailag igazolható kapcsolat a vizsgált paraméterek között?

Anyag és módszer

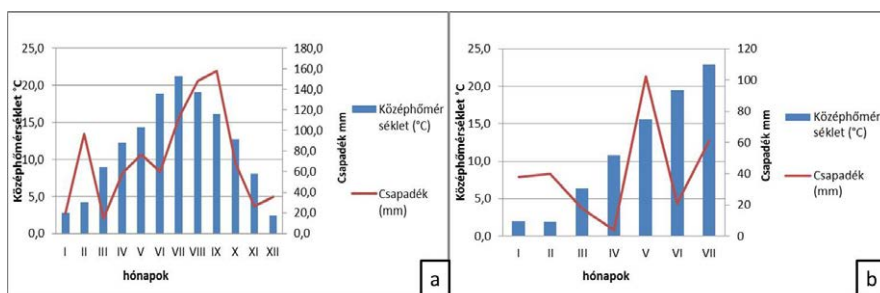
Az 1983-ban beállított keszthelyi IOSDV (kísérlet talajtípusa Ramann-féle barna erdőtalaj, humuszban és foszforban gyengén, káliummal közepesen ellátott. Az átlagos humusztartalom 1,6-1,7%, az ammóniumlaktát oldható P_2O_5 tartalom 60-80 mg/kg, a K_2O tartalom 140-160 mg/kg, a pH_{KCl} 6,8-7,0, fizikai fűlésege homokos vályog. Az Arany-féle kötöttségi száma 36-37, leiszapolható rész a felső 20 cm-ben 32,7 % (Kismányoky et al., 1996.)

Az IOSDV kísérlet elrendezése kéttényezős sávos, gabonás vetésforgóval melynek növényi sorrendje: kukorica - őszi búza – őszi árpa; ismétléseinek száma: 3. Parcelláinak bruttó mérete: 48 m². A kísérlet tényezői között a növekvő N műtrágya adagok és a kiegészítésként kijuttatott különböző szerves trágyák szerepelnek. A műtrágyázást tekintve minden kísérleti parcella (a N kontroll is) egységesen 100 kg ha⁻¹ P_2O_5 és K_2O hatóanyag tartalmú alapműtrágyázásban részesül, míg a N kezelések kijuttatása a vetésforgóban szereplő növényektől függően 5 egyenlően növekvő adagban történik (N0, N1, N2, N3, N4). A N hatóanyag adagok kukorica esetében: 0-70-140-210-280 kg ha⁻¹, búza és az őszi árpa esetében: 0-50-100-150-200 (0-50-[50+50]-[50+50+50]-[100+50+50]) kg ha⁻¹. A műtrágya (MT) önmagában történő kijuttatása (szervestrágya kiegészítés nélküli kontroll) mellett műtrágya+istállótrágya (IST) és műtrágya+szármaradvány+zöldtrágya (SZ+ZT) változatok szerepelnek. Az istállótrágyás kezeléseket az istállótrágya kijuttatása 35 t ha⁻¹ adagban a rotáció során (három évenként) egy alkalommal a kukorica előtt novemberi mélyszántáskor történik (2013. évben). A szármaradványok visszapótlása esetében minden 1 t szármaradványra számítva 10 kg N hatóanyag kiegészítés is történik hektáronként. A szármaradvány visszapótlási változatokban a rotáció során egy alkalommal az őszi árpa tarlójába vetett másodvetésű olajretek zöldtrágya

növény (*Raphanus sativus* var. *oleiformis*) alászántása is megtörténik (Kismányoky és Balázs, 1996).

Növényvédelem tavasszal történt: herbicid 50 g/ha Granstar Super teljes hatásspektrumú kalászos gyomirtás érdekében összeállított herbicid csomag alkalmazásával, mely három hatóanyag a tribenuron-metil, tifenszulfuron-metil és a fluroxipir kombinációja. Az alkalmazott inszekticidok az Acanto 0,75 l/ha + Talius 0,15 l/ha + Nurelle-D 50/500 EC voltak. A fungicid kezelés pedig Prosaro 1 l/ha + Karate Zeon 0,2 l/ha volt.

Keszthelyen évente átlagosan lehullott csapadék mennyisége: 683 mm (1901-2000), az átlagos évi középhőmérséklet: 10,5 °C. Az aktuális meteorológiai adatok az 1. ábrán láthatóak.



1. ábra. 2014. (a) és 2015. (b) év havi középhőmérséklet és csapadék mennyiség adatai, (Forrás: Keszthelyi Meteorológiai Állomás)

A talajmintákat 2015. április 30-án vettük a búzával bevetett területéről. Előző évben kukorica volt a területen, melyet a szárleszántás miatt talajba kerülő szerves maradványok, és a kukorica előtt kijuttatott istállótrágya szempontjából fontos megjegyezni. A kísérleti területen termesztett búza a Mulan, nagy termőképességű malmi búza, kiválóan adaptálódik a változó termőhelyi viszonyokhoz (saaten-union.hu). A mintavétel *Zadoks* (1974) -féle fenológiai kódrendszer alapján az őszi búza 37-es (a zászlóslevél éppen hogy látható) állapotában, enyhén nedves talajállapotnál történt. A növényállomány egészséges volt a mintavétel idejében. A mintavétel után a talajokat teljesen le nem zárt nylon zacskókban, hűtőszekrényben tároltuk 4-6 hétig.

Mikrobiális biomasza mérését *Vance et al.* (1987) módszer szerint végeztük. A módszer elve röviden: A kloroform fumigálás miatt az intakt mikrobák lizálnak és a mikrobiális szerves anyag kiszabadul. A talaj nem-élő szerves anyagaira a kloroform kezelés nem hat. A talajmintákat kettéosztottuk, egyik részt fumigáltuk kloroformmal 24 órán keresztül vákuum exsikkátorban, a másik részt nem. A szerves szén 0,5 M kálium-szulfát oldattal extraháltuk ki, és a fumigált és

fumigálatlan mintákban egyaránt megmértük. A különbségekből a mikrobiális biomasza széntartalma egy korrekciós faktorra ($k_{EC} = 0,38$) meghatározható. A korrekciós faktorra azért van szükség, mert a kloroformos fumigálás során nem az összes mikroorganizmus pusztul el, és a talaj oldható szerves szén tartalmának csak egy része oldható ki a kálium-szulfátos kivonó oldattal. A különböző talajok vizsgálata alapján *Vance et al.* (1987) által javasolt érték széleskörűen elfogadott.

A talaj humusztartalmát az MSZ 08-0452:1980: Szervesanyag-tartalom meghatározás talajban szabvány szerint történt. A káliumos-bikromátos kénsavas oxidációjával a talajok összes szervesanyag-tartalma határozható meg, és abból számítható 1.724 szorzófaktossal a talaj humusztartalma. A méréseket 2013-ban végezték az általunk vizsgált kísérleti terület talajmintáiból, újabb mérések azóta nem történtek, vizsgálatunk során ezért ezeket az adatokat használtuk

Az aggregátum stabilitás meghatározása az alábbi módszerrel történt:

A mintákat légszáraz állapotban a Retsch AS200 Digit szitarázón átszitáltuk. Majd nedves szitálásos módszerrel az Eijkelkamp Agrisearch Equipment (Hollandia) által forgalmazott, „Wet Sieving Apparatus” nevű nedves szitarázóval vizsgáltuk tovább. Ebben 8 darab, 250 mikronos lyukméretű, műanyag házú, fémszövetes szita található. A készülék 34/perces ütemmel, 13 mm-es teljes lökethosszal működik.

Ennél a készüléknél a sziták a talajmintával együtt mozognak, a vizes fázis pedig álló helyzetben marad. A minták előkészítéshez *Kemper és Koch* (1966) módszerét alkalmaztuk, tehát 1 és 2 mm között átszitált frakciót használtuk a méréshez. A minták 250 mikronos szitákba kerültek, majd a készüléket öt percig járattuk. Aztán a mintákat főzőpohárba átmostuk, 105 °C-on szárítottuk. Az ezt követő visszamérés után 0,1 M Na-pirofoszfáttal kezeljük a mintákat, és újból a szitákba mostuk őket, így csak a 250 mikronnál nagyobb frakció (homok) maradt fenn. Megint szárítottuk és így megkaptuk a homok frakció tömegét, majd a stabil aggregátum %-os meghatározásához a következő számítást végeztük el:

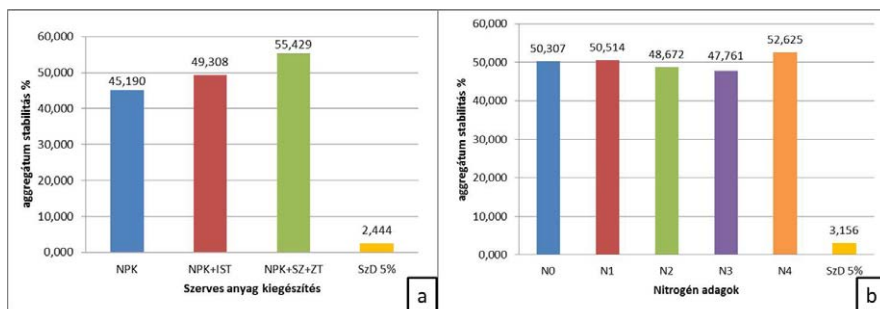
Stabil aggregátum % = $\{[\text{stabil frakció (g)} - \text{homok frakció (g)}] / \text{bemért talaj (g)} - \text{homok frakció (g)}\} \times 100$ (Dunai et al., 2012)

A méréseket 3 ismétlésben végeztük el.

A mérési eredményeket SPSS Student Version 15.0 statisztikai programmal, valamint Microsoft Office Excel programmal értékeltük ki.

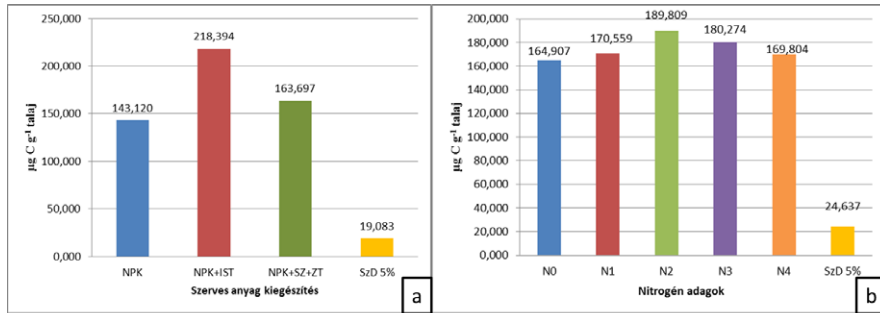
Eredmények

Az aggregátumok stabilitását csak a szerves kiegészítések befolyásolták szignifikánsan. A legalacsonyabb aggregátum stabilitási érték a csak műtrágyával kezelt parcelláké, ettől szignifikánsan magasabb (8,4 %-kal) értéket mutat az istállótrágyás kiegészítés. A legmagasabb aggregátum stabilitási értéket (55,429 %) a szárleszántás és zöldtrágya növény alkalmazásával lehetett elérni, ez szignifikánsan magasabb értéket jelent a másik két kezeléshez képest. A N adagok nem befolyásolták szignifikánsan a stabil aggregátumok %-át (2. ábra).



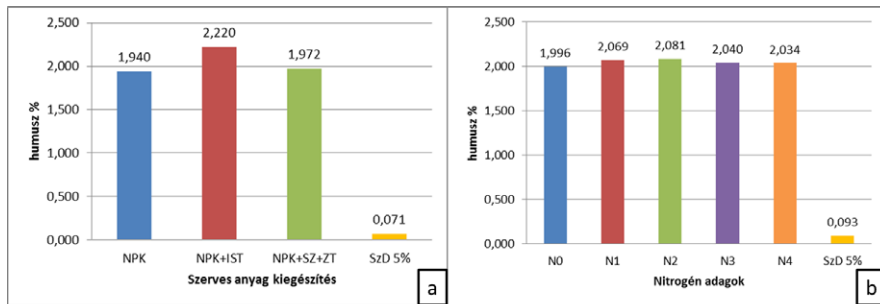
2. ábra. Különböző szerves trágya kiegészítési (a) módok és nitrogén adagok (b) hatása az aggregátum stabilitásra IOSDV 2015. Rövidítések magyarázata a szövegben.

A 2015-ös év tavaszi mikrobiális biomasza mérésének eredményei szerint a trágya kiegészítések statisztikailag is igazolható különbséget mutattak (3. ábra). A legmagasabb érték az istállótrágyás kiegészítésnél volt (második éves istállótrágya hatás), 25 %-kal alacsonyabb ennél a szárleszántás+zöldtrágyás, 35 %-kal pedig a csak műtrágyás kezelés. Bár a N adagok esetében nem volt kimutatható szignifikáns hatás, az eredmények mégis jól látható tendenciát követnek. A N adagok kezdeti emelkedése növeli a mikrobiális biomasza mennyiséget, majd az optimumot meghaladva csökkenti azt.



3. ábra. A különböző szerves trágya kiegészítési módok (a) és nitrogén adagok (b) hatása a mikrobiális biomassza tömegére IOSDV 2015. Rövidítések magyarázata a szövegben.

A 4. ábrán a talaj humusztartalom vizsgálatának eredményei láthatóak. A különböző szerves kiegészítések esetében az istállótrágyázott parcellák humuszmennyiségi eredményei mutattak szignifikáns eltérést. A zöldtrágya+sárleszántásos kezeléshez képest 11,18 %-kal, a csak műtrágyázotthoz képest 12,7 %-kal magasabb az istállótrágyával kezelt parcellák humusz % értéke. A nitrogén adagoknál nem számottevő az eltérés, de hasonló tendencia figyelhető meg, mint a mikrobiális biomassza tömeg esetében.



4. ábra. A különböző szerves trágya kiegészítési módok (a) és nitrogén adagok (b) hatása a humusztartalomra IOSDV 2013. Rövidítések magyarázata a szövegben.

Az 1. táblázat az aggregátum stabilitás, a mikrobiális biomassza mennyiség, és a humusz mennyiség közötti korrelációs vizsgálatok eredményeit szemlélteti. Mint látható, a mikrobiális biomassza és a humuszmennyiség statisztikailag is igazolható módon korrelálnak egymással. Viszont az aggregátum stabilitás és a többi általunk vizsgált paraméter között elvégzett korrelációanalízis nem mutatott statisztikailag is igazolható összefüggést.

1. táblázat. Az aggregátum stabilitás, mikrobiális biomassa C és a humusz % közötti korrelációs együtthatók értékei. (Zárójelben a korreláció szignifikancia értéke látható.)

	Mikrobiális biomassa C	Humusz %	Aggregátum stabilitás
Mikrobiális biomassa C	1	0,435 (0,003)	0,116 (0,447)
Humusz %	0,435 (0,003)	1	-0,129 (0,395)
Aggregátum stabilitás	0,116 (0,447)	-0,129 (0,395)	1

Következtetések

A különböző mechanikai földművelési beavatkozások, melyek módosítják a talaj szerkezetét, befolyásolják a stabil aggregátumok mennyiségét, hatással vannak a talaj mikroorganizmus közösségeire, valamint a szerves anyag változásaira is (Bronick and Lal, 2005). Ezen hatások az általunk vizsgált kísérletben is érvényesülnek.

A szakirodalmi közlemények nagyobb részében leírtak szerint a trágyázás, főként a szerves trágyázás pozitívan befolyásolja a talajban a mikrobiális biomassa tömeget (Ibrahim 1971, Helmeczi 1983, Müller 1991, Kátai 1999, Kátai 2006, Szili-Kovács 2012.). Közvetlen hatást általában a szervestrágyázással kapcsolatban mutatnak ki. Kutatásaink eredményei is alátámasztják, hogy a műtrágyázás mellett kiegészítésként használt istállótrágyázás, valamint szárleszántás+zöldtrágya növény alkalmazása növeli a talaj mikrobiális biomassa tömegét, és humusztartalmát, valamint pozitív hatással van a stabil aggregátumok kialakulására is.

Az istállótrágya tápanyagai fokozatosan ásványosodnak, így hosszú ideig jelentenek energiaforrást mind a növény, mind a mikroorganizmusok számára. A zöldtrágya főként a talajtermékenységre és a kultúrállapotra van jótékony hatással. Olajretek esetében 10 t biomasszában 48 kg N, 22 kg P₂O₅ és 43 kg K₂O kerül a talajba. A tarlómaradványok bedolgozása a fizikai állapot és a tápanyag utánpótlás szempontjából lehetnek jelentősek. (Birkás, 2006).

A műtrágyázás során alkalmazott különböző N adagok közvetlenül nem befolyásolták számottevően egyik vizsgált paramétert sem. Tendenciaszerűen azonban megállapítható, hogy a növényállomány számára optimális szintű N műtrágya adag mellett nagyobb volt a mikrobiális biomassa mennyisége is.

A kutatásaink alapján a humuszmennyiség hatékony növelése érdekében mindenképpen indokolt lehet istállótrágya alkalmazása, de a zöldtrágya növényrel és szárleszántással is jelentős javulás érhető el. A kísérlet eredményei alapján tendenciaszerűen megfigyelhető az a megállapítás, hogy a túlzott N műtrágya használat általi gyorsabb szervesanyag-mineralizáció csökkenti a szerves anyagok mennyiségét, de szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható.

Az aggregátum stabilitás vizsgálatának eredményei szerint a talaj szerkezetességét leginkább a szárleszántás és zöldtrágya növény alkalmazása javítja, de az istállótrágyázással is javíthatunk a talaj szerkezeti állapotán.

A szárleszántás és zöldtrágya növény kedvezőbb hatása annak tudható be, hogy talajba jutó szerves anyagok csak akkor képesek elősegíteni a talaj szerkezet optimális kialakulását, ha lebomlásuk a talajban történik, és optimálisak a feltételek. Így bomlásuk során ragasztóanyagok keletkeznek, melyek segítik az aggregátumok kialakulását (Huisz, 2012).

Csitári et al. (2014) vizsgálataiban - melyek szintén ezen a kísérleti területen folytak – csak az istállótrágyázás esetében mértek szignifikáns eltérést mikrobiális biomassa esetében. *Birkás* (2006) szerint a zöldtrágya növények biomassa tömegnövelő hatása évszaktól függően akár el is maradhat.

Az aggregátum stabilitás eredményei a szárleszántás+zöldtrágyás kezelésnél tértek el szignifikánsan. A mostani vizsgálatok eredményei azonban mindkét paraméternél szignifikáns eltérést mutattak a szerves kiegészítések esetében. A humuszmennyiség eredményei hasonlóságot mutatnak.

Az eredmények különbözősége adódhat az időjárási tényezők változékonyságából, illetve befolyásolja a szerves kiegészítések talajba kerülésének eltérő időpontja és a mintavétel időpontja közti különbség (pl. az istállótrágya a kukorica vetése előtt, zöldtrágya pedig az őszi árpa aratása után kerül tarlóba), valamint a talaj aktuális lazultsága és nedvesség állapota is fontos módosító tényező lehet.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk Csütörtökiné Rigó Erzsébetnek és Dunai Attilának a mintavételben és a laboratóriumi vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségéért. Köszönet Dr. Hoffmann Sándornak a meteorológiai adatokért.

Hivatkozások

- Birkás, M. 2006. Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 199
- Bronick, C. J. and Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review, *Geoderma* 124, 1-2
- Bronick, C.J. and R. Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124:3-22.
- Csitári, G., Dunai A., Tóth Z. és Hernádi H. 2014. Mikrobiális biomaszatömeg és a talajfizikai állapot vizsgálata trágyázási tartamkísérletben. Talajtani Vándorgyűlés. 19-28
- Dunai, A., Harmat, A., Makó A. és Tóth Z. 2012. Talajok aggregátum stabilitásának összehasonlító vizsgálata. Talajvédelem Különszám. 145-157
- Helmecci B. 1983. Műtrágyák hatása a talaj mikroflórájára. *Agrokémia és Talajtan* 32: 580-592
- Huisz, A. 2012. A talajszerkezet és a szervesanyag-megoszlás változásainak jellemzése új módszerekkel művelési tartamkísérletben, Doktori értekezés, 9-17
- Ibrahim, A. N., Kamel. M és El-Sherbeny, M.A., 1971. A Tolypotrix tenius algával történő oltás hatása a rizs termésére és a talaj nitrogénmértékére. *Agrokémia és Talajtan* 20: 389-399
- Káta J. 1999. Talajmikrobiológiai jellemzők változása trágyázási tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan* 48: 348-360
- Káta J. 2006. Changes in soil characteristics in a mono- and triculture long-term field experiment. *Agrokémia és Talajtan* 55: 183-192
- Kemper, W. D., Koch, E.J. 1966. Aggregate stability of soils from western portions of
- Kismányoky T., Hoffmann S. és Tóth Z. 1996. Keszthelyi tartamkísérletek. Pannon Egyetem. Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar. Jegyzet.
- Kismányoky, T. és Balázs, J. 1996. Keszthelyi tartamkísérletek. Pannon Agrártudományi Egyetem, Keszthely. 37-41
- Lal, R. 1991. Soil structure and sustainability, *J. Sustain. Agric*, 1, 67-92
- MSZ 08-0452:1980: Szervesanyag-tartalom meghatározás talajban.
- Müller G. 1991. Az agroökológia talajmikrobiológiai kérdései és az intenzív mezőgazdasági termelés. *Agrokémia és Talajtan*. Budapest. 40 (1991) 1-2. 263-271
- Schmidt, J. 2011. Földműveléstan. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem
- Six J., Callewaert P., Lenders S., De Gryze S., Morris S.J., Gregorich E.G., Paul E.A. and Paustian K. 2002. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1981–1987
- Six, J., Elliott, E.T. and Paustian, K. 2000. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1042 – 1049

- Szili-Kovács T., Molnár E., Villányi I., Knáb M., Bálint Á., Heltai Gy. és Anton A. 2012: CO₂ kibocsátás és mikrobiális aktivitás bolygatatlan talajoszlopban ásványi és istállótrágya kezelések hatására kukorica jelzőnövényvel. *In: Lehoczky É. (szerk.) Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben.* MTA Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest, 61-64
- the United States and Canada. U.S. Dep. Agric. Tech. Bull., 1355
- Vance, E. D., Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19 (6): 703-707
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-21
- Zsoldos L. 1967. A talaj mint polidiszperz rendszer *In: Fekete Z., Hargitai L. és Zsoldos L.: Talajtan és agrokémia, Mezőgazda Kiadó, Budapest*
- <http://www.saaten-union.hu/index.cfm/product/6,58,buza,12,html> (2015.11.27.)