Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Öntözés, szerves talajtakarás és a művelési eredetű talajtömörödés földigiliszta közösségre gyakorolt hatásainak komplex vizsgálata

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Radics Zoltán András

Gödöllő
2022

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Helyes Lajos

intézetigazgató, egyetemi tanár, MTA doktora

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kertészettudományi Intézet

Témavezető: Dr. Birkás Márta

egyetemi tanár, MTA doktora

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Növénytermesztési-tudomány Intézet

....

Dr. Helyes Lajos Dr. Birkás Márta

iskolavezető témavezető

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

A klímaváltozás új kihívások elé állította a földműveléssel foglalkozó szakembereket. A korábbi intenzív növénytermesztési szemléletet felváltotta a fenntartható földművelési rendszerek alkalmazása. Míg korábban kizárólag a nagy termésekre törekvés jellemezte a növénytermesztést, mára a talaj szerkezetét, termőképességét és biológiai változatosságát figyelembe vevő földhasználat került előtérbe. Ennek eredményeként csökkent a környezetet károsító kémiai anyagok kijuttatása, emellett háttérbe szorultak a talaj leromlást előidéző talajművelési rendszerek. A 2010-es évektől egyre inkább előtérbe kerültek az öntözésfejlesztési kérdések, több támogatási programban igényelhettek a gazdálkodók vissza nem térítendő forrásokat a beruházásaikhoz, valamint állami támogatással volt lehetőségük öntözővízhez jutni. Mindezek ellenére jelenleg a természeti adottságainkhoz és a közmű ellátottsági viszonyokhoz képest a ténylegesen öntözött területek mérete hazánkban elmarad a lehetőségektől.

A globális mezőgazdaság legégetőbb kihívásává mára a szárazság vált. Földünkön az átlaghőmérséklet az elmúlt 50 évben megközelítően 1°C-kal emelkedett. Ezzel párhuzamosan csökkentek a vízkészletek, az évszakok megváltoztak, esetenként kimaradtak, továbbá a csapadék eloszlásában is jelentős változások következtek be. Ezek a hatások újabb és újabb kihívások elé állítják a növénynemesítőket, a talajművelőket és az öntözési szakembereket. Miközben növekszik a szárazság, az élelmiszerigény is fokozódik a Föld népességnövekedése következtében. A szárazság sújtotta területek talajállapotának és talajéletének megőrzése kulcsfontosságú a jövő mezőgazdasága szempontjából, mivel a klímaváltozás kihívásaira a talajok védelme nélkül nem lehet megfelelő válaszokat adni.

Kutatásaimban szántóföldi körülmények között több éven keresztül azt vizsgáltam, hogy kétféle esőztető öntözési technológia, vagyis a lineárral (LÖ) és az öntöződobbal (DÖ) végzett vízpótlásnak milyen hatása van a talajok biológiai aktivitására. Az egyik kérdés, amelyre a választ kerestem az volt, hogy a talaj szempontjából kíméletesebbnek tartott lineár öntözés alatt miként alakulnak a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai. Az öntözött talajok fizikai és kémiai paramétereit összehasonlítottam az öntözetlen (NÖ) területről gyűjtött adatokkal, ezért az adatok három kísérleti kezelésből származnak. Megvizsgáltam mindhárom kezelési módon belül a talajtakarás és a művelési eredetű talajtömörödés hatásait külön-külön és egymással összehasonlítva. Az előbb felsorolt tényezők talajéletre gyakorolt hatásait a földigiliszták számán és biomasszáján keresztül vizsgálom meg a dolgozatomban. Az adataimat olyan területről gyűjtöttem, amelyet gazdálkodóként évek alatt alaposan megismertem.

Megszerzett tapasztalataim alapján a bennem felmerült kérdésekre igyekszem kísérleti úton választ adni értekezésemben.

A kísérlet megtervezése során az alábbi feladatokat jelöltem ki:

- A talaj fizikai és kémiai tulajdonságaiban kimutatható eltérések lineár (LÖ) és csévélődobos (DÖ) öntözés között egymáshoz és a kontroll nem öntözötthöz (NÖ) viszonyítva.
- Mindhárom kísérleti (LÖ, DÖ, NÖ) kezelésen belül szalmával takart és nem takart területeket alakítottam ki a talajtakarás hatásának a talajnedvességre és a penetrációs ellenállásra gyakorolt hatásainak vizsgálatára.
- A földigilisztaszámban tapasztalható eltérések kimutatása az öntözési módok között.
- A földigiliszták bőségében tapasztalható esetleges eltérések lehetséges magyarázata a talajtulajdonságokban bekövetkezett változások függvényében
- A talajtakarás hatásának vizsgálata a földigiliszták előfordulására.
- A művelési eredetű talajtömörödés a földigiliszták számára és biomasszájára gyakorolt hatásának kimutatása.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kutatómunka körülményei

A vizsgálatok területe 55,6926 hektár, a Kunszentmárton-Tiszaföldvár közlekedési út mellett, attól nyugatra, Kungyalu település belterületi határától légvonalban kb. 0,6-2,0 km-re nyugat-északnyugatra, Tiszaföldvártól légvonalban kb. 1,7-3,1 km-re délre található, amelynek GPS koordinátái: 46°54'47.2"É 20°15'46.7"K. A kísérleti terület talaja sík, kiegyenlített, genetikailag a mészlepedékes csernozjom típusba tartozik. Jó kultúrállapotú, fizikai félesége alapján a középkötött vályog kategóriába sorolható.

A kísérleti parcellán alkalmazott agrotechnikai műveletek időpontjait, felhasznált input anyagok mennyiségét és a terméseredményeket az *1. táblázat* tartalmazza.

1. táblázat: Alkalmazott agrotechnikai műveletek, termésátlagok és felhasznált input anyagok

Év / Növény	Agrotechnikai műveletek	Adag / Mélység	Dátum
2014/2015	Trágyázás (PK 10:28)	250 kg/ha	2014.10.28.
	Tárcsázás	12 cm	2014.10.29.
Szója	Magágykészítés	5 cm	2015.04.05.
(SG Eider)	Vetés	420 000 db	2015.04.18.
	Gyomirtás (Agrichem	2 l/ha	2015.04.18.
	Bentazon)		2015.05.10.
	Deszikkálás (Reglone)	2,5 l/ha	2015.08.25.
	Betakarítás	2416 kg/ha	2015.09.17.
	Tarlóhántás		2015.09.20.
2015/2016	Trágyázás (NPK-5-10-30)	230 kg/ha	2015.10.12.
	Altalajlazítás	30 cm	2015.10.20.
Kukorica	Magágykészítés	12 cm	2016.04.14.
hibrid	Vetés	66 000 db	2016.04.20.
(PR38A24)	Trágyázás (N 34)	100 kg/ha	2016.04.20.
(PR38A24SC)	Gyomirtás (Lumax)	4,5 l/ha	2016.04.30.
	Sorközművelés		2016.05.16.
	Betakarítás	770 kg/ha	2016.09.01.
	Szárzúzás		2016.09.06.
2016/2017	Trágyázás (NPK-5-10-30)	250 kg/ha	2016.10.27.
	Szántás	30 cm	2016.11.03.
Kukorica	Magágykészítés	16 cm	2017.04.10.
(P9486)	Vetés	72 000 db/ha	2017.04.18.
	Trágyázás (N 34)	100 kg/ha	2017.04.18.
	Gyomirtás (Lumax)	4,5 l/ha	2017.05.04.
	Sorközművelés		2017.05.14.
	Betakarítás	9865 kg/ha	2017.10.09.
	Szárzúzás		2017.10.12.

2017/2018	Trágyázás (NPK 5-10-30)	150 kg/ha	2017.11.03. 2017.11.05.
Napraforgó (P64LE25)	Tárcsázás	12 cm	2018.04.07.
	Talajlazítás	30 cm	2018.04.20.
	Vetés	50 000 db/ha	2018.04.20.
	Trágyázás (NP 15-25)		2018.04.29.
	Növényvédelem (Express)	45 g/ha	2018.09.17. 2018.09.20.
	Betakarítás	2960 kg/ha	
	Szárzúzás		

2.2. A kísérletek bemutatása

A kísérletemben háromféle öntözési kezelés hatását vizsgáltam meg. A tábla szabályos téglalap alakú részén lineár öntözőberendezés (LÖ), míg egy 500 méter hosszt meghaladó kinyúló részen pedig csévélődobos öntözőberendezés (DÖ) juttatja ki az öntözővizet. A vizsgált terület egy része nem öntözött (NÖ), erről a részről származnak a kontroll mérések. A vízkijuttatás időpontjának és mennyiségének meghatározása a növények vízigénye, a talaj aktuális nedvességtartalma és a csapadékviszonyok figyelembevételével történt. A 2015-ben három, 2016-ban és 2017-ben hat, 2018-ban egy alkalommal és jellemzően 20mm-es víznormával.

A mulccsal fedett kezeléseket a vizsgálati években mindig azonos három helyen alakítottam ki, a háromféle öntözési kezelésnek megfelelően. A takart parcellák 10x10 méteres területet foglaltak el, amelyeken egy-egy körbála búzaszalma került szétterítésre. A felszíntakarást évente két alkalommal végeztem el: a tenyészidőszak végén az utolsó őszi munkaművelet befejezése után közvetlenül, valamint tenyészidőszakban a már kikelt növényállományban. Így biztosítottam a kísérlet teljes ideje alatt a folyamatos mulcsborítást. A talajtakarás időpontjai: 2015. május 21.és október 25.; 2016 május 12. és október 15; 2017. május 22 és október 24.; 2018. május 04. Adott időpontban egy körbála felét használtam fel takarásra céljára, így a felhasznált szalma mennyisége 150 kg volt öntözési kezelésenként és szezononként. A takarás helyeit egyrészt vizuális módon, másrészt GPS készülék használatával azonosítottam be.

A mesterséges eredetű talajtömörödéssel érintett (T) és a tömörödéssel nem érintett (NT) mintavételi pontok meghatározása az egyes öntözési és felszíntakarási kezeléseken belül lettek meghatározva, mind a földigiliszta mintavétel, mind pedig a talajpenetrációs mérések céljából. Minden öntözési és felszíntakarási kezelésből azonos számú tömör (T) és nem tömör (NT) minta származik.

A talajtani vizsgálatok elvégzésének két célja volt. Egyrészt feltárni, hogy rövid távon az egyes kísérleti kezelések miként hatnak a talaj tulajdonságaira. Másrészt hosszú távú összehasonlító vizsgálatokkal megvizsgálni, hogy az öntözési tevékenység milyen változásokat okoz a talajprofilban.

Az öntözési kezelések hatása. A vizsgálatok célja annak feltárása volt, hogy az öntözési tevékenység milyen változásokat okozott a 0-150 cm-es rétegben, különös tekintettel a sóprofil változásaira a szikesedési hajlam miatt. Ennek érdekében az öntözési beruházást megelőzően 2007-ben megvalósíthatósági tanulmány készült a vízjogi engedély kiadása iránti eljárás során. Ennek a mérésnek az adatai tükrözik a kiindulási állapotot, amely az öntözés szempontjából abszolút kontrollnak tekinthető. Az öntözési beruházás 2008-ban készült el, majd a hatásvizsgálatokat az engedély megújítási eljárásokban 2013-ban és 2017-ben megismételték.

A mulcsozás hatása. A vizsgálatok célja a kísérleti kezelések következtében esetlegesen kimutatható talajkémiai tulajdonságokban bekövetkező változások megismerése volt. Annak feltárása érdekében, hogy az öntözési kezelések és a talajtakarás milyen hatással lehet a talaj kémiai tulajdonságaira, 2016. április 09-én öt ismétlésben vettem mintákat minden öntözési kezelésből.

Helyszíni mérésekkel állapítottam meg a talaj penetrációs ellenállását. Vizsgálatokat a giliszta-mintavételezéssel azonos időpontokban végeztem el. A méréseket a takart területen, illetve annak 5-10 méteres körzetéből a nem takart területekről véletlenszerű elrendezésben vettem. Mindkét típusú kezelés esetében a mérések felét a művelőeszközök által tömörített, másik felét nem tömörített részeken végeztem el. A penetrációs méréshez kézi Szarvas típusú műszert (MOBITECH Bt.) használtam, a mért adatokat Mega Pascalban (MPa) kaptam meg. A méréseket öt mélységben végeztem el: a 0-7,5; 7,5-15; 15-22,5; 22,5-30 és a 30-37,5 cm-es rétegekben.

A talajellenállás vizsgálattal azonos időpontokban elvégeztem a talaj nedvességtartalmának mérését a Kapacitív Kkt. által gyártott PT-1 típusú mérőeszközzel. A mérések eredményeit tömegszázalékban (m/m%) kaptam meg. A méréseket a felső 0-15 cm-es mélységre vonatkozóan végeztem el.

A vetést követően 2016-ban a területre az Irriga – System folyamatos mérést biztosító érzékelői kerültek kihelyezésre. A rendszer a természetes csapadék mennyiségét és a kiöntözött mennyiséget grafikus formában jelenítette meg a teljes tenyészidőszak során egy internetes felületen. Kihelyezett mérőállomással 2016-ban az öntözési időszakban folyamatosan vizsgáltam a talajnedvesség értékeit (soil water tension SWT– cbar) 0-10 és 10-30 centiméteres rétegekben. Amelyet SI mértékegységre számoltam át és kPa-ban fejeztem ki.

A földigiliszta mintavételeket a vonatkozó ISO (2006) szabványok figyelembevételével terveztem meg. A vizsgálat megkezdésekor 25x25x30 cm-es mintavételi gödröket ástam, amelyek pontos helyeit rögzítettem és a takart parcellák területét meghatároztam. Laboratóriumi körülmények között meghatározásra került a földigiliszták egyedszáma (db/m^2) és biomasszája g/m^2-ben kifejezve. A földigiliszta fajok külső és belső jellemzőik alapján kerültek beazonosításra CSUZDI és ZICSI 2003 által leírt módszer szerint.

A földigiliszták egyedszámát és biomasszáját évente két alkalommal mértem, nyáron és ősszel. A 2015. és 2018. közötti vizsgálati időszakban összesen hat alkalommal: 2015. szeptember 12; 2016. június 10. és szeptember 20; 2017. július 19. és október 10; 2018. június 24. Három mérés az öntözési időszak adatait, három mérés pedig az öntözési idényt követő időszak adatait tükrözi. Egy mintavételi napon összesen negyvennyolc mintát vettem. Mindhárom öntözési kezelésből egyenként tizenhat (n=16) minta származott, amelyeknek a fele a mulcsozott (M, n=8), másik fele a nem mulcsozott (NM, n=8) talajokból származik. Az M és NM kezeléseken belül egyaránt 4 minta a taposott (T, n=4), négy minta a nem tömörített (NT, n=4) területről származik.

2.3. Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzésekhez az IBM SPSS Statistics 25 programcsomagot használtam. Az eltérő öntözési (NÖ, LÖ, DÖ) módok közötti eltérések vizsgálatát a talajellenállás és talajnedvesség értékekben, valamint a földigiliszta egyedszámban és tömegben az egytényezős varianciaanalízissel végeztem. Amennyiben az empirikus szignifikanciaszint (p-érték) nem haladta meg a 0,05-öt, akkor a csoportátlagok azonosságát állító nullhipotézist elvetettem, az eltérést szignifikánsnak értékeltem. A csoportok közötti szignifikáns kapcsolatokat Tukey HSD (Honestly Significant Difference – valódi jelentős eltérés) post hoc próba segítségével határoztam meg. A Tukey-próba különböző méretű minták esetében többféle páros összehasonlításra alkalmazható, a nemzetközi talajkutatásban gyakran alkalmazott módszer (BALDIVIESO-FREITAS et al. 2018; CASTRO et al. 2019; HENEGHAN et al. 2007; SALEHI et al. 2013). A varianciaanalízist megelőzően az adatok normalitását a Kolmogorov-Smirnov próbával, a varianciák homogenitását a Levene-teszttel ellenőriztem. Mivel a kétmintás t-próba érzékeny lehet a normalitás sérülésére és a legtöbb esetben Kolmogorov-Smirnov próba szignifikáns volt, ezért két csoport átlagértékeinek összehasonlítására (mulcsozott – M és nem mulcsozott - NM, taposott – T és nem taposott – NT talajok) KAO és GREEN (2008) javaslata alapján a F-próbát végeztem.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A 0-10 és a 10-30 cm-es talajrétegek nedvességtartalmának vizsgálata 2016 évben

Ebben az évben rendelkezésemre álló mérőberendezés segítségével folyamatos mérési adatokhoz jutottam a vizsgált területre hullott csapadék és kiöntözött vízmennyiséggel kapcsolatban. Ez egyúttal kontrollmérésnek is tekinthető az üzemi és a rendelkezésemre álló meteorológiai adatok vonatkozásában, lehetőséget adva számomra az eltérések vizsgálatára.

Általánosságban elmondható, hogy a talaj alacsonyabb nedvességpotenciál értékéhez a növények számára kedvezőbb talajnedvességi állapot tartozik, addig, amíg a talaj nem válik nedvességgel túltelítetté, levegőtlenné. A 0-10 cm-es és a 10-30 cm-es réteg nedvesség adatait együttesen értékelve elmondható, hogy nem történt túlöntözés, mivel a kijuttatás csupán a kedvező nedvességi állapot fenntartását szolgálta és a vízhiány pótlására törekedett.

3.2. A felső talajréteg nedvességtartalma

A legmagasabb talajnedvesség a nyári mintákban volt mérhető, a nem mulcsozott taposott (LÖ-NM -T) kezelésben 50,0 m/m % értékkel. A legalacsonyabb érték ugyancsak nyári mintából származott (9,2 m/m %). Mindkét esetben a nem mulcsozott (NM) talajból származtak a minták. Mulcsozott (M) talajok esetében is hasonlóan alakultak a szélső értékek (10,50 – 47,60 %), ezért az eltérések az évhatásnak tudhatók be. Az összesen öt mintavétel átlagában egyedül az öntözési időszakok művelés következtében tömörödött (T) mintái (32,04%) tértek el jelentősen ($p<0,05$) a nem tömörödött (NT) mintákhoz (25,37 %) képest. Az őszi taposott (T) minta értékei (23,09 %) nem tértek el jelentősen az őszi nem taposott (NT) mintáktól (22,28%).

3.3. Az öntözővíz és a talajvíz minőség vizsgálatok eredményei

A bevizsgált öntözővíz laborvizsgálati eredményei a 90/2008. (VII. 18.) FVM rendeletbe foglalt előírások és paraméterek többségének megfelelt. Az öntözővíz kevert anion típusú, az EC = 0,5 mS/cm, vagyis 0,78 – 1,56 mS/cm intervallumba esik. A SAR érték 3,7, azaz <6,5; a kémhatás 7,36, tehát 6,5–8,4 pH érték közé esik, a magnézium tartalom 52.8%, vagyis >50%, a nátrium mennyisége 40% alatt maradt (38,2%). A kloridion mennyisége közepes (40,7 mg/l), vagyis nem toxikus.

A talajvíz sótartalma 6380,0 mg/l, nitrát-tartalma 49,9 mg/l. A sótartalom igen magas, az SAR érték 32,4, a Na% 83,3%, a Mg% 88,9%. A talajvíz összetétele igen kedvezőtlen

(erősen szikesítő hatású), magas az összes só- és nátriumtartalma, amely felemelkedve a mélyebb rétegek másodlagos szikesedését fokozza.

3.4. Az öntözési módok hatása a talaj kémiai tulajdonságaira

A vizsgált időszakban nem következett be káros sófelhalmozódás, továbbá kilúgzásra és a kationok megoszlásának érdemi változására utaló jelek sem voltak kimutathatók. A korábbi szelvények talajrétegeihez tartozó értékekhez képest nem következett be markáns változás a fizikai- és kémiai tulajdonságokban. A (DÖ) és a (LÖ) kezelések sóprofiljában nem tapasztaltam markáns eltérést. Ennek a magyarázta egyérészt az, hogy az öntözési idényben azonos vízmennyiségeket juttattunk ki mindkét metódussal, másrészt az időszakosan magasan elhelyezkedő talajvíz kiegyenlítő hatásával is számolni lehetett.

3.5. A felszíntakarás hatása a talaj kémiai tulajdonságaira

A talaj kémhatása pH (KCl) minden mintában homogén volt, 7,38 (DÖ-NT) és 7,48 (LÖ-NT) között volt. A humusztartalom ugyancsak viszonylag homogén volt 2,38 és 2,69% között fordult elő. A legalacsonyabb értéket a dobos öntözéssel ellátott nem takart (DÖ-NT) részeken, a humusztartalom legmagasabb értékét pedig a lineárral öntözött nem takart (LÖ-NT) területen mértem. A $CaCO_3$ tartalom ugyancsak homogén volt 2,08 (DÖ-NT) és 4,4% (LÖ-NT) között, ez alapján a vizsgált talaj a gyengén meszes kategóriába sorolható.

3.6. Az öntözés és a felszíntakarás hatása a talajellenállásra

A mesterséges vízpótlási módszerekben mind a csévélődobbal, mind pedig a lineár berendezéssel végzett öntözővíz kijuttatás a felszíni esőszerű öntözési módok közé sorolható. A kétféle kijuttatási metódus azonban a talaj penetrációs ellenállásában eltérő változásokat okozott, amelyet a mulcsozás (M), valamint a mulcsozás elhagyása (NM) jelentősen módosított**.** A lineárral öntözött (LÖ) és dobbal öntözött (DÖ) kezelések összehasonlítása során meg kell említeni az öntözés hatékonyságában tapasztalható különbségeket, vagyis a tervezett és ténylegesen kijuttatott víz mennyiségének arányát, amelyet jelentősen befolyásol a nem azonos párolgási és elhordási veszteség; valamint az eltérő cseppméretből eredő más-más kinetikus energiával bíró cseppek talajszerkezetben okozott változásai.

Helyszíni megfigyeléseim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az öntöződob által egyetlen vízsugárból álló vízkijuttatás a talaj szerkezetében több kárt okozott, mint a lineár berendezés segítségével több szórófejre eloszlatott hasonló vízmennyiség. Az öntözött kezelések talajpenetrációs értékei nyáron kedvezőbben alakultak, mint a nem öntözött parcella

értékei. Őszre azonban a lassú beszivárgás miatt az öntözött kezelések talaja tömörebbé vált, mint a nem öntözött kezelésé, főleg a mélyebb rétegekben.

3.7. A gépi taposás hatása a talajellenállásra

A nyári és az őszi mintavételi időszakok eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy az összes kezelésben ugyan eltérő mértékben, de egyértelmű talajtömörödés volt kimutatható. Amíg öntözési időszakban a legkedvezőbb talajellenállás értékekkel a legtöbb mélységben egyértelműen a lineárral öntözött (LÖ) talaj rendelkezett, addig őszre ez az előny megszűnt és a legtöbb mélységben a dobos öntözés értékeihez vált hasonlóvá, néhol azt meghaladva. Ősszel a legkedvezőbb értéket az NÖ-M-NT kezelés legfelső (0-7,5 cm) rétegében mértem 0,98 MPa értékkel, amely szignifikánsan ($p<0,05$) különbözött mindkét másik kezelés ebben a rétegben kapott eredményeitől. Az LÖ-M-NT kezelés 1,21 MPa értékét szignifikánsan ($p<0,05$) meghaladta a DÖ-M-NT kezelés eredménye 1,33 MPa értékkel.

Az öntözés talajtömörítő hatása főként az LÖ-NM-T és DÖ-NM-T kezelésekben mutatkozott meg az őszi időszakban. Ezekben a nem mulcsozott, taposott kezelésekben már a 15-22,5 cm rétegben tapasztalható volt a káros talajtömörödés, mindkét kezelésben 3,40 MPa értékkel, szignifikánsan ($p<0,05$) meghaladva az NÖ-NM-T ugyanebben a rétegben mért 2,85 MPa eredményét. A teljes vizsgálati időszakra vonatkozó legkedvezőtlenebb átlagos talajellenállás érte a DÖ-NM-T kezelés 30-37,5 cm rétegében alakult 4,09 MPa értékkel. A talaj nedvességtartalma és a talajtömörödés összefüggéseire SOANE és VAN OUWERKERK (1994) véleménye szerint leginkább a talaj nedvességtartalma befolyásolja a talajtömörödés mértékét.

Ugyanakkor a szerves talajtakarás minden kezelésben bizonyos mértékig ellensúlyozta a talajt ért káros hatásokat a tenyészidőszak során, évszaktól függetlenül. A mulcsozott (M) talajokban mért legtömörebb érték nem érte el a nem mulcsozott (NM) talaj legkisebb tömörödés értékét, egyetlen réteg kivételével. A DÖ-M-T kezelés 30-37,5 cm rétegében ősszel mért átlagos 3,68 MPa eredménye 0,2 MPa értékkel meghaladta a NÖ-NM-T kezelés eredményét. BUESA et al. (2021) megállapították, hogy a mulcsozás az öntözési rendszertől függetlenül javította a talaj vízgazdálkodását, továbbá csökkentette a talaj térfogattömegét. LIAO et al. (2021) szerint a szerves takarás hatékonyan csökkentette a párologtatást, ezáltal jelentősen növelte az öntözővíz-felhasználás hatékonyságát.

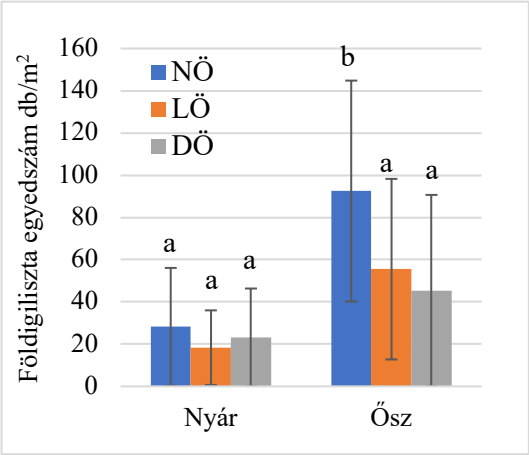
3.8. A földigiliszta közösség faj- és korösszetétele

A vizsgálataim során a földigiliszta fajok közül öt került beazonosításra. Ezek a következők voltak csökkenő sorrendben: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826), *Aporrectodea georgii* (Michaelsen,1890), *Proctodrilus opisthoductus* (Zicsi,1985), *Octolasion lacteum* (Örley,1881). A mintavételezés során beazonosított fajok mind endogén földigiliszta fajok, amelyek jól alkalmazkodtak a mezőgazdasági területekhez és a talajműveléshez (CSUZDI és ZICSI 2003).

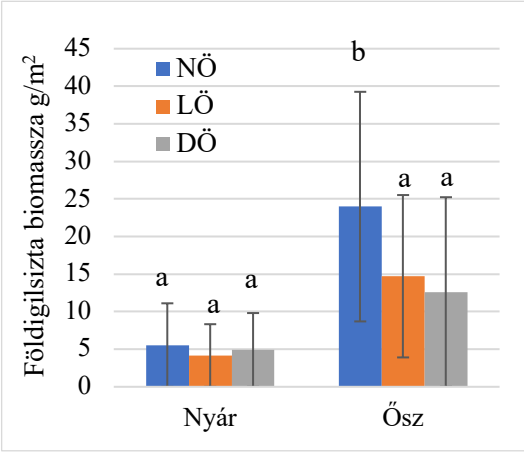
Az összes vizsgált évben a nem ivarérett egyedek aránya többszörösen meghaladta az ivarérett egyedek arányát évszaktól függetlenül. Az állomány regenerációjához elengedhetetlen lenne a kifejlett egyedek minél nagyobb aránya. A földigilisztáknak el kell érniük egy bizonyos tömeget annak érdekében, hogy ivaréretté váljanak és képesek legyenek a szaporodásra (LOFS-HOLMIN 1983).

3.9. A öntözés hatása a földigiliszták egyedszámára és biomasszájára

A hat mérési időszak átlagában legnagyobb földigiliszta számot (92,5 db/m^2; 23,98 g/m^2) a nem öntözött (NÖ) kezelésben ősszel mutattam ki. Sorrendben ezt követte a lineár öntözés (55,5 db/m^2; 14,71 g/m^2), majd a dobos öntözés (45,33 db/m^2; 12,61 g/m^2), mindkettő szintén őszi adatokkal. A nyári öntözési idényben ugyancsak a kontroll (NÖ) adatok alakultak a legkedvezőbben (28,16 db/m^2; 5,55 g/m^2), ezt követte a DÖ (23,16 db/m^2, 4,9 g/m^2), legvégül az LÖ kezelés (18,33 db/m^2; 4,16 db/m^2). Az ANOVA eredménye alapján szignifikáns eltérést ($p<0,05$) a nem öntözött (NÖ) kezelés földigiliszta egyedszám (*1. ábra*) és biomassza *(2. ábra)* értékei mutattak a másik két öntözési kezeléshez (LÖ; DÖ) képest, s kizárólag az őszi időszakban.



1. ábra: Földigiliszta egyedszám öntözési kezelésenként



2. ábra: Földigiliszta biomassza öntözési kezelésekként

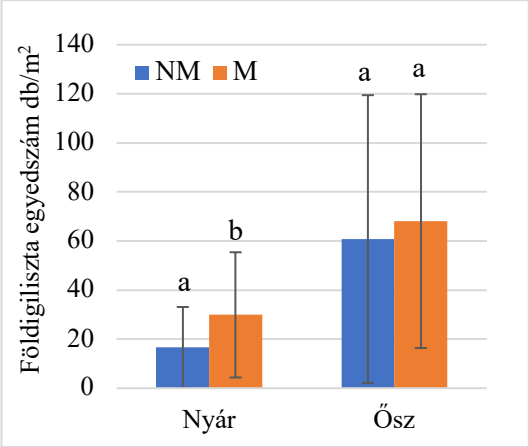
Megjegyzés: a legalább egy azonos betűvel rendelkező jelölések között nincs jelentős eltérés; az azonos betűt nem tartalmazó jelölések jelentős eltérésekre utalnak az átlagok között 5%-os szignifikancia szinten.

A földigiliszták életciklusához hozzátartozik a téli és a nyári nyugalmi állapot. Ezek a nyugalmi szakaszok a hőmérséklettel és a talajok nedvességtartalmával állnak összefüggésben. A felszínre hordott talaj mennyiségéből arra lehet következtetni, hogy az őszi hónapokban a legaktívabb a tevékenységük. Ez a téli nyugalmi időszakra történő felkészüléssel magyarázható (SMEATON et al. 2003).

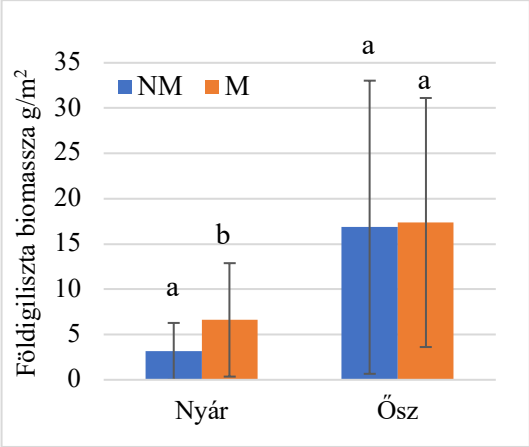
3.10. A mulcsozás hatása a földigiliszták egyedszámára és biomasszájára

Legmagasabb egyedszámokat az öntözési időszakot követően vett mintákból mutattam ki. Az őszi mulcsozott (M) talajban az egyedszám és a biomassza (68,11 db/m^2; 17,37 g/m^2) nem szignifikáns mértékben, de némileg meghaladta az őszi nem mulcsozott (NM) talajban mért értékeket (60,77 db/m^2; 16,84 g/m^2). A mulcsozott talaj (M) adatai (29,88 db/m^2; 6,61 g/m^2) meghaladták a nem mulcsozott (NM) kezelések értékeit (16,55 db/m^2; 3,13 g/m^2).

A mulcsozott (M) és nem mulcsozott (NM) kezelésekben a földigiliszta egyedszám *(3. ábra)* és biomassza értékek *(4. ábra)* csak a nyári mintákban különböztek egymástól szignifikáns mértékben ($p<0,05$). Az ősszel is magasabb volt a földigiliszták előfordulása a mulcsozott parcellában, de ebben az időszakban a két kezelés közti különbség nem volt jelentős.



3. ábra: Földigiliszta egyedszám mulcsozási kezelésenként



4. ábra: Földigiliszta biomassza mulcsozási kezelésekként

Megjegyzés: a legalább egy azonos betűvel rendelkező jelölések között nincs jelentős eltérés; az azonos betűt nem tartalmazó jelölések jelentős eltérésekre utalnak az átlagok között 5%-os szignifikancia szinten.

A talajnedvesség növekedésével arányosan lecsökkent a járatok száma, ellenben növekedett a földigiliszták biomasszája. Nedvesebb talajban vélhetően intenzívebben táplálkoztak a földigiliszták és kevesebbet ástak. A szárazabb körülmények között élő földigiliszták a rendelkezésre álló táplálékból kevesebbet fogyasztottak el, egyúttal több és mélyebb járatokat hoztak létre. (PERREAULT és WHALEN 2006).

3.11. A talajtömörödés hatása a földigiliszták egyedszámára és biomasszájára

A legmagasabb előfordulást a nem tömör (NT) őszi mintából sikerült kimutatnom (67,77 db/m^2; 18,15 g/m^2), ezt követte az őszi tömör (T) minta (61,11 db/m^2; 16,05 g/m^2). Az öntözési idényben a tömör (T) minták (27,66 db/m^2; 5,88 g/m^2) értékei, bár nem jelentős mértékben meghaladták a nem tömör (NT) minták értékeit (18,77 db/m^2; 3,87 g/m^2).

Az adatok elemzéséhez egyutas ANOVA-t használtam. A talajművelő eszközök és az öntöző rendszerek által tömörített (T) sávokból származó adatok nem tértek el szignifikáns mértékben a nem taposott (NT) területekről származó értékektől egyik évszakban sem. Az évszakok adatait egymással összehasonlítva megállapítható, hogy közöttük számottevő különbség alakult ki. Ősszel több, mint kétszeres volt a földigiliszta egyedszám *(3/a. ábra)* és biomassza tömeg *(3/b ábra)*, mint a nyári időszakban.

VRSIC et al. (2021) szerint a legnagyobb földigilisztabőség a szalma talajtakarás alatt mutatható ki. Arra a következtetésre jutottak, hogy a különböző talajgazdálkodási gyakorlatok nagymértékben befolyásolják a talaj környezeti feltételeit (hőmérséklet, páratartalom), különösen a talaj felső 15 cm-es rétegében és éppen ez az a réteg, amely jellemzői leginkább befolyásolják a földigiliszták bőségét.

3.12. Új tudományos eredmények

Vizsgálataim alapján az alábbi új tudományos eredményeket állapítottam meg:

1. A mélyben sós szolonyeces talaj a kémiai jellemzőinek csekély változásait mutattam ki három év után, két eltérő esőztető öntözési módnál, a termőhelyhez és az időjárási körülményekhez szabott vízadagok alkalmazása esetén. Az öntözött parcellák művelt rétegében kisebb vízoldható sótartalom arányt mértem az öntözés hatásaként (átlag 0,055% vízoldható só), mint az alapozó vizsgálat évében (átlag 0,16% vízoldható só).
2. Kimutattam, hogy öntözési idényben mindkét esőztető öntözési mód (LÖ-NM és DÖ-NM) kedvezőbb talajpenetrációs értékeket eredményezett a nem öntözött és nem mulcsozott (NÖ-NM 15 – 22,5 cm, átlagosan: 1,70 MPa) kezeléshez képest. Mulcsozás hiányában a lineár öntözés átlagosan 52%-kal mérsékeltebb talajtömörödéssel járt a csévélődobos öntözéshez képest ebben a rétegben.
3. Igazoltam a két eltérő esőztető öntözőberendezésre jellemző lassúbb beszivárgás késleltetett, őszre elhúzódó ülepítő hatását, ami a lineár öntözés esetében 13,8%-kal, csévélődobos öntözés esetében 12,5% magasabb penetrációs értékeket eredményezett a talaj 30-37,5 cm-es rétegében a nem öntözött kezeléshez képest. Őszre a lineár öntözés kedvező hatása megszűnt és a mélyebb rétegekben a legnagyobb mértékű tömörödést váltotta ki a többi kezeléshez képest.
4. Bizonyítottam a szerves talajtakarás előnyös hatását az öntözővíz talajba szivárgására, amelynek révén a talaj ülepedése és a művelési eredetű tömörödés a kritikus ellenállás érték (≤3MPa) alatt maradt az összes vizsgált rétegben az öntözési szezonban. A mulcsozott kezelések közül az öntözési szezont követően csak az öntöződobos kezelés talajának 30-37,5 cm-es rétegében volt kimutatható káros mértékű talajtömörödés.
5. Mérésekkel alátámasztottam az öntözéssel összefüggő tömörebb talaj földigiliszta egyedszámra gyakorolt kedvezőtlenebb hatását. Az összes minta átlagában a legnagyobb földigiliszta számot és tömeget (92,5 db/m^2; 23,98 g/m^2) ősszel, a nem öntözött kezelésben mutattam ki. Sorrendben ezt követte a lineár öntözés őszi (55,5 db/m^2; 14,71 g/m^2), majd a dobos öntözés szintén őszi (45,33 db/m^2; 12,61 g/m^2) adatai. A talajtömörödés kedvezőtlen hatása a földigilisztáknak élelmet és védelmet adó állandó felszíntakarással volt enyhíthető. A mulcsozott talaj adatainak a teljes kutatási időszakra vetített átlagai (29,88 db/m^2; 6,61 g/m^2) szignifikánsan meghaladták a nem mulcsozott (NM) kezelések értékeit (16,55 db/m^2; 3,13 g/m^2).

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az öntözési beruházások létrehozása előtt eltérő talajfoltonként, de legalább 10 hektáronként talajszelvény-feltárással talajvédelmi terv készítése szükséges, amelyet öt évente felül kell vizsgálni. A szikesedésre hajlamos területeken a sóprofilban bekövetkezett változást kell elsősorban figyelemmel kísérni és szükség szerint az öntözés gyakorlatán változtatni. Dolgozatomban rávilágítottam arra, hogy a talajban és az öntözővíz tulajdonságokban bekövetkező változások mellett az élő rendszerek változását is figyelemmel kell kísérni.

A talaj elő és élettelen komplex rendszerében minden mesterséges beavatkozás változásokat okoz. A pontos mérték megállapításához kvantitatív mérésekre volt szükség. A döntéselőkészítést 2016-ban távérzékelő berendezés segítette. A kutatási időszakot egy-egy száraz és nedves, valamint két átlagos év jellemezte. A termőhelyhez és az időjárási körülményekhez igazított öntözéssel elkerülhető volt a talajt károsító túlöntözés, ezáltal nem fokozódott a szikesedés veszélye és a tápanyagok nem mosódtak mélyebb rétegekbe. A vizsgálati időszakban végzett talajvizsgálati értékek nem tértek el lényegesen az öntözési beruházást megelőző talajvizsgálatok eredményeitől. A talajkémiai eredményeket a szerves felszíntakarás rövid távon nem befolyásolta. Rendszeres öntözés esetén a kémiai vizsgálatok talaj féleségtől függetlenül javasolhatók.

A talaj fizikai jellemzői közül kiemelten a nedvességtartalmat és a talaj ellenállását vizsgáltam. A talajnedvesség nyomon követése azt igazolta, hogy a tenyészidőszakot megelőzően hullott csapadék mélyebb rétegekben jelen van, amely bizonyos mértékig vízpótlást jelent a növények számára. A mélyebb rétegekben bekövetkező vízhiányt el kell kerülni, mert annak utólagos feltöltése már legtöbbször meghaladja az öntözőtelep kapacitását. Az értékelés nyomán egyrészt az öntözési idényben folyamatos nedvesség vizsgálat javasolható. Javasolható továbbá az öntözővíz talajba szivárgása révén előálló talajállapot változások nyomon követése a következő idény előtti művelés megtervezését segítendő.

A fizikai talajtulajdonságok közül éven belül a legnagyobb változás a talaj penetrációs értékeiben tapasztaltam, főleg a takaratlan kezelések esetében. A nyári kedvező talajellenállás értékek az öntözött talajok lassú ülepedése miatt őszre kedvezőtlenné váltak. A talaj penetrációs ellenállása szempontjából nem állapítható meg egyértelműen a lineár öntözés előnye, mivel a víz a lassú beszivárgása a mélyebb rétegek jelentősebb ülepedését okozta. A mulcshagyás mindhárom kezelés értékeit kedvezően befolyásolta, azok penetrációs értékei nem tértek el olyan mértékben egymástól, mint a nem takart kezelések esetében. Méréseim igazolták, hogy a takart talajok talajellenállás értékei a gépi taposás ellenére is kedvezőbben alakultak a nem

mulcsozott kezelések értékeinél, mindhárom öntözési kezelésben. Mivel az öntözés hatására a talaj ülepedése gyakran bekövetkezik, a nyomon követés feladata a talaj félesége által befolyásolt jelenség lassítása, továbbá az idény végén a kárenyhítés elvégzése.

Kiemelt figyelmet fordítottam a két esőztető öntözőberendezés (csévélődobos, lineár) talaj szerkezetére gyakorolt hatásának vizsgálatára. A kéregképződés a csévélődobos öntözés mellett a nagyobb cseppenergia miatt bekövetkezett felszíni szerkezetromlásra utal. A felszíntakarás, kedvező arány (legalább 30%) esetén az eliszapolódás és a kéregképződés megelőzéséhez járulhat hozzá.

A talajminőség indikátorainak tekintett földigilisztákat választottam a talaj élő rendszerének vizsgálatához. Három nyári és három őszi időpontban mértem a földigiliszták egyedszámát és biomasszáját. A kifejlett, szaporodásra képes földigiliszták aránya egy eset kivételével 30% alatt maradt, az összetétel mindössze öt fajra korlátozódott. Ezek a következők voltak csökkenő előfordulási sorrendben: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826), *Aporrectodea georgii* (Michaelsen,1890), *Proctodrilus opisthoductus* (Zicsi,1985), *Octolasion lacteum* (Örley,1881). Az állomány regenerációját a kifejlett egyedek képesek biztosítani, a fizikai védelmet mulcshagyással lehet biztosítani.

Nyáron az ülepedett nedvesebb talajokban, míg ősszel a lazább talajokban volt nagyobb a földigiliszták egyedszáma. A két öntözőberendezés adatait összehasonlítva nem találunk számottevő különbséget a földigiliszták előfordulásában egyik évszakban sem. Az öntözött és nem öntözött kezelések őszi adatait tekintve azonban a nem öntözött területek földigiliszta bősége jelentősen meghaladta az öntözött területekét. Ez a jelenség ugyancsak az élőhely védelmére irányítja a figyelmet.

Eredményeim szerint a felszíntakarás hatékony eszköz az időjárási szélsőségek elleni védekezésben, a mesterséges beavatkozások káros hatásainak csökkentésében, valamint a talajélet megóvása érdekében. E megoldás kiterjedt alkalmazása javasolható nem csak mélyben sós szolonyeces talajon, hanem számos olyan talajon és termőhelyen, ahol időjárási jelenségek vagy termesztési beavatkozások veszélyeztetik a termesztés biztonságának fenntartását.

5. IRODALOMJEGYZÉK

BALDIVIESO-FREITAS, P. - BLANCO-MORENO, J. - GUTIÉRREZ-LÓPEZ, M. - PEIGNÉ, J. - PÉREZ-FERRER, A. - TRIGO-AZA, D. – SANS, F. 2018. Earthworm abundance response to conservation agriculture practices in organic arable farming under Mediterranean climate. *Pedobiologia* 66. pp. 58-64.

BUESA, I. - MIRÁS-AVALOS, J. - DE PAZ, J. - VISCONTI, F. - SANZ, F. - YEVES, A. - GUERRA, D. – INTRIGLIOLO, D. 2021. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. *European Journal of Agronomy* 123. pp. 126198.

CASTRO, J. - BARREAL, M. - BRIONES, M. – GALLEGO, P. 2019. Earthworm communities in conventional and organic fruit orchards under two different climates. *Applied Soil Ecology* 144. pp. 83-91.

CSUZDI, CS. - ZICSI. A. 2003. Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedozoologica Hungarica (1) Budapest*.

HENEGHAN, L. - STEFFEN, J. - FAGEN, K. 2007 Interactions of an introduced shrub and introduced earthworms in an Illinois urban woodland: Impact on leaf litter decomposition. *Pedobiologia* 6(50). pp. 543-451.

KAO, L. - GREEN, C. 2008. Is there a difference in means and what does it mean? *Journal of Surgical Research* 144(1). pp. 158-170.

LIAO, Y. - CAO, H. - LIU, X. - LI, H. - HU, Q. - XUE, W. 2021. By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas. *Agricultural Water Management* 253. pp. 106936.

LOFS-HOLMIN, A. 1983. Reproduction and growth of common arable land and pasture species of earthworms (Lumbricidae) in laboratory cultures. *Swedish Journal of Agricultural Research* 13(1). pp. 31-37.

PERREAULT, J. – WHALEN, J. 2006. Earthworm burrowing in laboratory microcosms as influenced by soil temperature and moisture. *Pedobiologia* 50(5). pp. 397-403.

SALEHI, A. - GHORBANZADEH, N. - KAHNEH, E. 2013. Earthworm biomass and abundance, soil chemical and physical properties under different poplar plantations in the North of Iran. *Journal of Forest Science* 59(6). pp. 223-229.

SMEATON, T. - DALY, A. - CRANWELL, J. 2003. Earthworm population responses to

cultivation and irrigation in a South Australian soil. *Pedobiologia* 47(4). pp. 379-385.

SOANE, B. - VAN OUWERKERK, C. 1994. Soil compaction problems in world agriculture. *In: Developments in Agricultural Engineering. Elsevier* 11. pp. 1-21.

VRSIC, S. - BREZNIK, M. - PULKO, B. - RODRIGO-COMINO, J. 2021. Earthworm abundance changes depending on soil management practices in Slovenian vineyards. *Agronomy* 11. p. 6.

6. AZ ÉRTÉKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN ÍRT TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK

6.1. Idegen nyelvű lektorált tudományos közlemények

Radics Z., Dekemati I., Gyuricza Cs., Simon B., Ibrahim H., Vinogradov Sz., Birkás, M. 2022. Effects of irrigation and organic mulching on the abundance and biomass of earthworms. Polish Journal of Environmental Studies 31: 3 Paper: 143258, 11 p. **IF: 1,699**

Dekemati I., Bogunović, I., Kisić, I. **Radics Z.**, Szemők A., Birkás M. 2019. The effects of tillage-induced soil disturbance on soil quality. Polish Journal of Environmental Studies 28 (5). pp. 3665-3673. **IF: 1,699**

6.2. Magyar nyelvű nem impakt faktoros folyóiratban

Birkás M., Dekemati I., Kende Z., **Radics Z.**, Szemők A. 2018. A sokszántásos műveléstől a direktvetésig – Előrehaladás a talaj művelésében és védelmében. Agrokémia és Talajtan, 67. 2. pp. 253-268

6.3. Egyéb tudományos művek

6.3.1. Idegen nyelvű konferencia kiadványok

Birkás M., Bogunović I., Đekemati I., Kisić I., **Radics Z.** 2018. Adaptable tillage – is that a solution for the present climate situation? Proceedings and Abstracts, 11th International Scientific/Professional Conference Agriculture in the Nature and Environment Protection, 28th-30th May, 2018, Vukovar, Croatia. Glas Slavonije d.d., Osijek.

Dekemati I**., Radics Z.**, Kende Z., Bogunovic I., Birkás M. 2017. Responses of maize (Zea mays L.) roots to soil condition in an extreme growing season. Columella 4. 1. Suppl. pp. 27-30.

Dekemati I, **Radics Z.**, Kende Z., Birkás M. 2016. Soil state assessment in Croatia and in Hungary – Similiarities and differences. Növénytermelés, 65 (Suppl.), pp. 139-142.

6.3.2. Magyar nyelvű konferencia kiadványok:

Birkás M., Đekemati I., Kende Z., **Radics Z.**, Szemők A. 2017. A sokszántásos műveléstől a direktvetésig – Előrehaladás a talaj művelésében és védelmében. “70 éves a Karcagi Kutatóintézet” Tud. Konferencia, Karcag, 2017.09.06