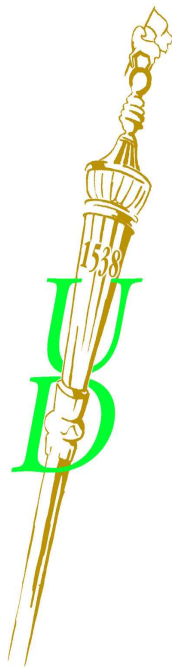


Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**Kukorica kultúrában alkalmazott herbicidek hatása
a talaj mikrobiológiai aktivitására**

Sándor Zsolt

Témavezető: Dr. Kátai János



DEBRECENI EGYETEM

Hankóczy Jenő

**Növénytermesztési-, Kertészeti- és
Élelmiszertudományi Doktori Iskola**

Debrecen, 2010

1. Bevezetés és témafelvetés

A kukorica ma a világ egyik legdinamikusabban fejlődő gabonaágazata, az elmúlt tizenöt évben közel 70%-kal nőtt a világ kukoricatermelése. Vetésterülete meghaladja a 157 millió hektárt és több mint 823 millió tonna szemes kukoricát termelnek világszerte élelmiszer, takarmány és ipari célú felhasználásra.

Hazánk az egyik legnagyobb kukorica vetésterülettel rendelkezik Európában, de az egy lakosra jutó kukoricatermelésben a világ ranglistán is előkelő helyen áll. Szántóföldi növények közül a kukorica a legnagyobb területet foglalja el, hazánkban több mint 1,2 millió hektáron termelték 2008-ban. A kukorica termesztése során elengedhetetlen a növényvédelem, mely a kórokozók és a kártevők elleni védekezés mellett a gyomszabályozás meghatározója. A vegyszeres gyomszabályozás során a peszticidek kapcsolatba kerülnek a talajjal. A talajra kiszórt növényvédőszer azonnal, míg a növényekre permetezett peszticidek - időjárástól függően - csak rövidebb vagy hosszabb idő elteltével gyakorolnak hatást a talajra és a talajban élő szervezetekre.

A herbicidek napjainkban meghatározó szerepet játszanak a gyomszabályozás rendszerében. Magyarország területének több mint 66 %-án mezőgazdasági, és mintegy 19 %-án erdészeti tevékenységet folytatnak. A kémiai növényvédő szerekre alapozott növényvédelem a mezőgazdaságban széleskörű. Hazánkban 292 különböző peszticidet használhattak 1976-ban. Az 1990-es években a forgalomban lévő szerek száma már megközelítette a 900-at, s a peszticideknek 45%-a volt herbicid. Az engedélyezett növényvédő szerek száma 2008-ban 765-ra csökkent, ebből a gyomirtó szerek 41%, a rovarirtó szerek 21%, és a gombaölő szerek 37% részarányt tettek ki.

A herbicid használat a növénytermesztés elválaszthatatlan részét képezi, ezért e szerek alkalmazásakor a gyommentesítés mellett számolni kell a talajéletre, az ún. „nem célzott” szervezetekre kifejtett „másodlagos hatással” is. Az ENSZ Környezetvédelmi Világkonferenciáján a világ tíz szennyező ágense között szerepelnek a peszticidek, melyek intenzíven szennyezik a légkört, a felszíni és talajvizet, valamint a termőtalajokat. Jelenleg a mezőgazdasági kemikáliák közül újabb gyomirtó szerek kerülnek forgalomba, amelyek

szelektivitása kifejezettebb és alkalmazási koncentrációjuk kisebb lehet a korábbiakhoz viszonyítva.

A dolgozatomban arra kerestem a választ, hogy a kukorica kultúra termőtalajára kijuttatott gyomirtó szerek közül a gyakorlatban alkalmazott herbicidek (az Acenit A 880 EC, a Frontier 900 EC, Merlin 480 SC és a Wing EC), milyen hatással vannak a talajban élő mikroorganizmusokra és a talaj mikrobiológiai folyamataira.

Laboratóriumi körülmények között vizsgáltuk a herbicidek hatását az összes csíraszám alakulására és a mikroszkopikus gombák növekedésére (2004).

Kisparcellás kísérletekben vizsgáltuk 2005-2008 között a herbicidek hatását a talaj összes csíraszámára és mikroszkopikus gombák mennyiségére, az aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségi változására, valamint a talajlégzésre, a nitrát feltáródásra a mikrobiális biomassza szén és a mikrobiális biomassza nitrogén mennyiségére különböző (egyszeres, kétszeres és ötszörös) dózisokban. A talajmintákból meghatároztattuk a növényvédőszer maradványok mennyiségét is.

Tenyészedényes kísérletekben (2008) az Acenit A 880 EC és a Merlin 480 SC hatását vizsgáltuk az előzőekben említett paraméterekre, valamint a tesztnövény biomassza produkciójára.

2. Anyag és módszer

2.1 Mikroorganizmusok herbicid érzékenységének in vitro vizsgálata

A laboratóriumi vizsgálatokat a Agrokémiai és Talajtani Tanszék talajmikrobiológiai laboratóriumában végeztük el. A vizsgálataink első ütemében kiválasztottunk 7, elsősorban a kukorica kultúrában használt herbicidet (Acenit A 880 EC, Frontier 900 EC, Gartoxin FW, Guardian Max, Merlin 480 SC, Trophy, Wing EC). Vizsgálataink kezdetén azt tanulmányoztuk, hogy herbicidet tartalmazó agarlemezen hogyan fejlődnek az általunk választott tesztorganizmusok.

Herbicidet tartalmazó húsleves agarra mészlepedékes csernozjom talaj szuszpenziót (százezres hígításból) tettünk és két napig termosztátban inkubáltuk, majd ezt követően értékeltük az összes csíraszámot.

A herbicidet tartalmazó agar lemezre 3 gombafaj (*Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma* sp.) törzstenyészetéből származó 5 mm átmérőjű micéliumot tartalmazó korongot helyeztünk. Minden Petri-csészébe négy telep „micélium korongot” helyeztünk

majd 28 °C-on termosztátban inkubáltuk. A beállítást követően 5 nap elteltével lemértük a gombatelepek átmérőjét, majd az eredményeket értékeltük.

Ezen vizsgálatok eredményei alapján választottuk ki a kisparcellás kísérlethez a négy herbicidet.

2.2 Mikroorganizmusok herbicid érzékenységének szabadföldi vizsgálata

A kisparcellás kísérletet a Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Növényvédelmi Tanszékéhez tartozó bemutató kertben, mészlepedékes csernozjom talajon állítottuk be. A gyomirtó szerek talajmikrobiológiai hatását kukorica növény alatt vizsgáltuk. A laboratóriumi vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Agrokémiai és Talajtani Tanszékének talajmikrobiológiai laboratóriumában végeztük el.

A kezeléseket három ismételtsben állítottuk be. A dolgozatban a kiválasztott négy gyomirtó szer, különböző dózisaival kezelt parcellák átlagmintáinak eredményeit mutatjuk be.

2.3 Mikroorganizmusok herbicid érzékenységének tenyészedényes vizsgálata

További hatásvizsgálatok igazolása érdekében 2008-ban tenyészedény-kísérletet állítottunk be mészlepedékes csernozjom talajon, kukorica jelzőnövény mellett a tanszék „Tenyészházában”, ahol a talajnedvességet és tápanyagtartalmat optimális szinten tudtuk biztosítani.

A tenyészedényes vizsgálatokhoz csak az előzetes vizsgálatokban nagyobb különbségeket mutató az Acenit A 880 EC és a Merlin 480 SC herbicideket használtuk.

2. 4. A vizsgálatban használt növényvédő szerek bemutatása

A kisparcellás kísérletben négy gyomirtó szert használtunk, melyek fontosabb jellemzői az 1. táblázatban található meg.

1. táblázat A kísérletben felhasznált szerek jellemzői

Herbicidek neve	Hatóanyag megnevezése	Hatóanyag tartalom	Normál dózis kg / ha
Acenit A 880 EC	acetoklór+AD 67 antidótum	800 g * dm ⁻³ + 80 g * dm ⁻³	2,0 - 2,6
Frontier 900 EC	dimetenamid	900 g * dm ⁻³	1,2 - 1,6
Merlin 480 SC	izoxaflutol	480 g * dm ⁻³	0,16 – 0,2
Wing EC	dimetenamid+ pendimetalin	250 g * dm ⁻³ + 250 g * dm ⁻³	3,5 – 4,5

2.5 A kísérleti talaj fontosabb paraméterei

A kísérlet talaja a fizikai talajféleség szerint a vályogtalajok közé sorolható. A talaj pH_{H2O} értéke alapján (7,9) gyengén lúgosnak tekinthető. A talaj kémiai tulajdonságai között meghatároztuk még a CaCO₃ tartalmat, mely értéke alapján az talaj közepesen meszes. Mértük továbbá a talaj humusz-, valamint a könnyen felvehető foszfor- és káliumtartalmát. A kísérlet talajának humuszos rétege 70-80 cm vastagságú, melyből 40-50 cm egyenletesen humuszos. Az alsó 30-35 cm átmenetet képez a lösz talajképző kőzetbe. Az egyenletesen humuszos rétegben a humusztartalom 2,65 %. A kísérlet talaja nitrogénben és foszforban közepes ellátottságú, a káliumtartalom alapján pedig a jó ellátottságú kategóriába tartozik. A nemzetközi osztályozás (WRB) szerint a kísérlet talaja: Calcic Endofluvic Chernozem (Endosceptic).

2. 6. Talajmikrobiológiai paraméterek

A talajok mikrobiológiai jellemzői közül meghatároztuk az összes csiraszámot és a mikroszkopikus gombaszámot, lemezöntéssel, húsleves- és pepton-glükóz-agar táptalajon.

Az aerob cellulózbontó és nitrifikáló baktériumok mennyiségi meghatározásánál az MPN (Most Probable Number = legvalószínűbb élő sejtszám) módszert használtuk, folyékony táptalajon. Az MPN-módszer alkalmazhatóságnak alapfeltétele, hogy a sejtek eloszlása az alapsuszpenzióban véletlenszerű legyen, vagyis a sejtek a szuszpenzió bármely részében azonos valószínűséggel legyenek megtalálhatók a folyékony táptalajban. A vizsgálat során 5 párhuzamos cső leoltására került sor és a pozitív csövek száma alapján határoztuk meg a legvalószínűbb élőcsiraszám értéket (POCHON et al., 1962).

A talajlégzés intenzitását (talaj széndioxid termelését) a talaj oxigén felvételével és a széndioxid kibocsátásának mérésével lehet meghatározni. A talaj respirációjának vizsgálatakor a talajból felszabaduló CO₂ mennyiségét mértük NaOH oldatos „lúgos csapdázás” alapján (HU et al., 1997).

A mikrobiális biomassa-C mennyiségének mérésére JENKINSON et al., (1976) által kidolgozott fumigációs–inkubációs eljárást alkalmaztuk. Ugyanazon talaj fumigált és fumigálatlan mintájának CO₂ termeléséből számoltuk a mikrobiális biomassa szén mennyiségét.

A biomassa-N meghatározását fumigációs-extrakciós módszerrel végeztük. A talajmintákat kloroformmal fumigáltuk, majd 0,5 mólos K₂SO₄ oldattal extraháltuk. Először a szűrlet összes N- tartalmát határoztuk meg Kjeldahl módszerrel és a fumigált és nem fumigált minta különbségéből számítottuk a biomassa-nitrogént (BROOKES et al., 1985).

A nitrát feltáródás meghatározásánál a behozott talajmintákból frissen, majd két hetes 28 °C-on való inkubálás után határoztuk meg a nitrát nitrogén mennyiségét (FELFÖLDY, 1987). Értékeléskor: két hetes inkubálás során feltárt nitrát nitrogénből kivonjuk a kiindulási talaj nitrát-nitrogén tartalmát, amely különbség a nitrátfeltáródás mérőszáma.

2. 7. Alkalmazott statisztikai módszerek

Az élő csíraszámából, a szilárd táptalaj felületén megállapított telepek mennyiségéből meghatároztuk a 95%-os megbízhatósági intervallumba eső sejtszámokat (HORVÁTH, 1974).

A többi eredmény statisztikai értékelése során a kezelések különbségének elemzéséhez kéttényezős varianciaanalízist végeztünk 5 %-os hibahatárral, és meghatároztuk az SzD_{5%} értéket SVÁB (1981) szerint.

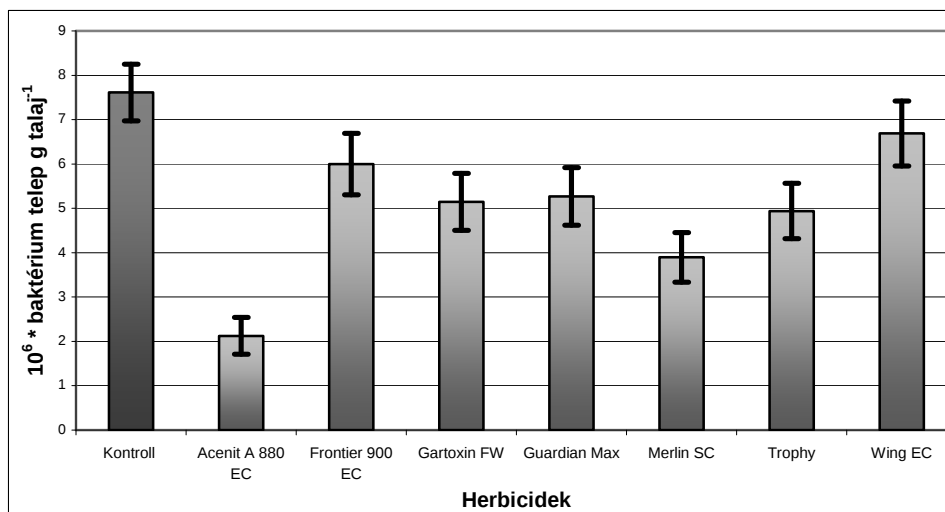
A összefüggések statisztikai értékelése során elvégeztük a Pearson-féle kétoldalú korreláció analízist (az adatok standardizálása után), ahol a herbicidféleségek és azok dózisa, valamint a vizsgált függő paraméterek közötti összefüggéseket kerestük.

3. A kísérleti eredmények értékelése

3.1 Herbicid érzékenység vizsgálat laboratóriumi körülmények között (2004)

A „mérgezett” (herbicidekkel kezelt) húsleves agaron meghatározott baktériumszám alapján az adatokból nem tudtunk koncentrációhatást elkülöníteni, így az eredményeket egységesen értékeltük a 95% legvalószínűbb sejtszám értékek alapján. Ennek az eredménynek az lehet a magyarázata, hogy már kis koncentrációban is elpusztították a herbicidek a szerte érzékeny mikroorganizmusokat és a gyomirtók nagyobb koncentrációja sem pusztította el a szerrel szemben rezisztens fajokat. A kontroll sejtszáma 95 %-os megbízhatósági intervalluma $[6,97 - 8,25] \cdot 10^6$ telep $\cdot g^{-1}$ között változott. A Wing EC herbiciddel kezelt táptalajon a baktériumok mennyisége megközelítette a kontrollban mért értéket, vagyis a herbicidek a baktériumok mennyiségére gyakorolt hatása szignifikánsan nem tért el a kontroll értékétől. Legnagyobb mértékben az Acenit A 880 EC hatására csökkent a sejtszám ($[1,71 - 2,54] \cdot 10^6$ telep $\cdot g^{-1}$) a kontroll egyharmadára, míg a Merlin SC-nél a csökkenés 50%-os mértékű volt (1. ábra).

1. ábra Herbicidek hatása a mészlepedékes csernozjom talajban élő baktériumok mennyiségére (Debrecen, 2004)



A vizsgálatok során három mikroszkopikus gomba (*Trichoderma sp.*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*) kontrollhoz viszonyított növekedését tanulmányoztuk növekvő dózisu herbicidek mellett.

Megállapítottuk, hogy a különböző gyomirtó szerek a koncentrációtól függően eltérő mértékben gátolták a teszt gombák növekedését. A statisztikai értékelés eredményei bizonyítják, hogy a gombatelepek átmérői szignifikánsan csökkentek a kontrollhoz képest.

Megfigyelhettük továbbá, hogy a hektáronkénti dózis ötszörös és tízszeres adagjai között csak a kezelések 40%-ában mutathattunk ki szignifikáns különbséget.

Az *Aspergillus niger* növekedését az Acenit A 880 EC és a Frontier 900 EC, herbicidek a dózisok emelkedésével jelentősen gátolták. A Gartoxin FW és a Trophy gyomirtó szerek kismértékben gátolták a telepek növekedését, de a koncentráció növekedésével már nem csökkent a telepek átmérője.

A *Fusarium oxysporum* növekedése az Acenit A 880 EC és a Frontier 900 EC a dózisok emelésével csökkent A Wing EC és a Guardian Max kijuttatott különböző koncentrációi jelentősen nem befolyásolta a gombák növekedését, de lényegesen különböztek a kontroll értékétől.

A *Trichoderma sp.* növekedésénél az eredmények azt bizonyították, hogy a Frontier 900 EC és az Acenit A 880 EC nagymértékben gátolták a telepek növekedését és jelentősen csökkentették a telepek átmérőjét a dózisok emelkedésével.

Összességében megállapítható, hogy a Gartoxin FW, a Guardian Max és a Merlin SC szerekkel kezelt táptalajon a telepek növekedésében nem tapasztaltunk nagy csökkenést a kontrollhoz viszonyítva, míg a Trophy és a Wing EC kezelésekben a kétszeresénél nagyobb dózisok esetén jelentősebb volt a telepek átmérőjének csökkenése. A Frontier 900 EC és az Acenit A 880 EC kivételével a gyomirtó szerek az alapkezelés esetében nagymértékben nem gátolták a telepek növekedését.

A két vizsgálati eredményt összevetve választottuk ki azt a négy herbicidet, melynek hatását a kisparcellás kísérletekben tovább vizsgáltunk. Az eredményekből kitűnt, hogy az Acenit A 880 EC és a Frontier 900 EC fejtett ki a legnagyobb gátló hatást a mikroorganizmusokra. A Merlin 480 SC egyes esetekben nagymértékű gátló hatást mutatott, míg más alkalommal közömbösnek bizonyult. A Wing SC általában nem gátolta a mikroorganizmusok növekedését.

3.2 Herbicidek hatása a talaj mikroorganizmusok mennyiségi előfordulására és aktivitására kisparcellás kísérletben (2005-2008)

A mikroorganizmusok kvantitatív vizsgálatain (összes csíraszám, mikroszkopikus gombák, cellulózbontó- és nitrifikáló baktériumok mennyisége) kívül mértük a herbicidek hatását a talajmikrobiológiai aktivitására (szén-dioxid képződés, mikrobiális biomassza szén és nitrogén mennyisége és a nitrátfeltáródás mértéke). Végül a vizsgálat végén meghatároztuk a talajban maradt herbicidek mennyiségét.

Az összes csíraszám meghatározása során három évben (2005, 2006, 2007) az évenkénti júniusi mintavételkor a baktériumok mennyisége mindig kevesebb volt, mint a júliusi mintavételkor. 2008-ban mindkét mintavételi időpontban hasonló nagyságú eredményeket kaptunk. 2006 második fele és 2007 első fele rendkívül száraz időszak volt (a mintavétel idejéig 166 mm és 116 mm csapadék hullott), a baktériumszám ebben az időszakban kis értékeket mutatott. 2008 júniusában és júliusában rendkívül nagy mennyiségű csapadék esett (332 mm), amely következtében lényegesen nagyobb baktériumszámot kaptunk.

Összességében megállapítható, hogy a talaj összes csíraszámát a kijuttatott herbicidek csökkentették. A legnagyobb mértékű és legtöbb alkalommal előforduló gátlást az Acenit A 880 EC és a Wing EC herbicidekkel kezelt parcellákban tapasztaltunk.

2005-ben a mikroszkopikus gombák mennyiségi vizsgálatánál a kontrollhoz viszonyítva mindkét mintavételkor kisebb gombszámot határoztunk meg. A következő három évben (2006, 2007, 2008) – néhány esettől eltekintve – a kezelések hatására lényegesen több mikroszkopikus gombát találtunk. Esetenként az alkalmazott szerek koncentrációja is (negatív vagy pozitív) hatással volt a gombák mennyiségére.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a mikroszkopikus gombák szaporodását elősegítették a használt herbicidek, lehetséges, hogy tápanyagforrásként hasznosították azokat. A legnagyobb mértékben az Acenit A 880 EC és a Wing EC herbicidek hatására növekedett a mikroszkopikus gombák mennyisége.

A cellulózbontók száma 2005-ben mindkét alkalommal, 2006-ban és 2007-ben az első mintavételi időpontban jelentősebb mennyiségűnek bizonyult. 2005, 2006 és 2008 évi első mintavételkor a kontrollhoz képest nagyobb cellulózbontó baktérium értéket mértünk a kezelések többségében. A második mintavételkor, illetve 2007-ben (a legszárazabb évben) a kontroll és a kezelések között alig észleltünk különbséget. A Wing EC és az Acenit A 880 EC nagyobb dózisa több alkalommal is serkentő hatásúnak bizonyult, amely a cellulózbontók számának növekedését eredményezte.

A nitrifikáló baktériumok száma 2005-ben, mindkét mintavétel alkalmával több kezelésben elérte a tízezres nagyságot, a többi alkalommal (2006, 2007, 2008) ezres nagyságrendű volt.

A szárazabb évjáratokban (2006, 2007) érthetően kisebb mennyiségben fordultak elő a nitrifikálók, de számuk 2008-ba sem bizonyult lényegesen többnek 8valószínű a nagyobb

nedvességtartalomnak köszönhetően). A nyolc mintavétel, négy gyomirtó szer és annak három dózisa ($8 \cdot 4 \cdot 3 = 96$) 96 hatásvizsgálatot jelentett. Ebből 28 esetben gátló és 26 esetben pedig serkentő hatással voltak a herbicidek a nitrifikálók mennyiségére. Szembetűnő, hogy 2005 első és 2006 második mintavétele során 7 szer, illetve annak különböző dózisa serkentően hatottak, amíg 2005 második, 2006 első és 2008 első mintasorozatba 7-9 esetben csökkentették a baktérium mennyiségét a herbicidek. Eredményeink alapján levonható az a következtetés, hogy a Frontier 900 EC többször gátló hatásúnak, míg az Acenit A 880 EC pedig serkentőnek bizonyult.

A talaj respiráció eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgált szerek a kísérlet során az esetek 30 %-ában növelték és közel 15 %-ában gátolták talajban a széndioxid képződését. 2006 júniusában (szárazabb periódus) és 2008 júniusában (nedvesebb időszak) kaptunk kisebb értékeket. Ezekben a sorozatokban a kontrolltól csak néhány kezelés széndioxid tartalma tért el. Legtöbb serkentő hatást a 2007 évi júniusi mintavétel, legtöbb negatív hatást pedig a 2005 évi júniusi mintavétel során tapasztaltunk. Főként az Acenit A 880 EC és a Merlin SC stimulálta a széndioxid termelését, míg legtöbb alkalommal pedig a Wing EC gátolta.

Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a mikroorganizmusok szénforrásként hasznosították a herbicideket vagy a bomlásterméküket, ezért a herbicidek hatására nőtt a talajok respirációjának mértéke.

A herbicidek különböző dózisainak hatás vizsgálata során megállapítottuk, hogy a gyomirtó szerek a kezelések 70 %-ban (34 pozitív és 36 negatív) befolyásolták a mikrobiális biomasza széntartalmát. 2005-ben és 2007-ben a júniusi minták vizsgálata során (a kezelések többségénél) jelentős gátló hatást tapasztaltunk. Stimuláló, pozitív hatás dominált a 2005 és a 2008 évi júliusi mintákból végzett vizsgálatok során. Konzekvens, egyértelmű hatásról ennél a paraméternél nem lehet számot adni. A pozitív és negatív hatások közel azonosak az egyes szereken belül. Nem tapasztaltunk lényeges különbséget az egyes szerek hatásai között sem.

A herbicidek a mért mikrobiális biomasza nitrogén mennyiségét a vizsgált esetek közel 45 %-ában (33 pozitív és 13 negatív) befolyásolták. A serkentő hatás jelentősnek bizonyult. Különösen szembetűnő a 2005, 2006 és 2008 évi júniusi adatsor, ahol többnyire a serkentő hatás dominált. Ebből a szempontból az Acenit A 880 EC és a Wing EC kiemelkedett. A Frontier 900 EC inkább csökkentő hatást fejtett ki a mikrobiális biomasza nitrogénre. Az

eredményekből kitűnik, hogy 2007-ben és 2008 első sorozatában lényegesen alacsonyabb értékeket határoztunk meg, mint a többi esetben.

Összehasonlítva a mikrobiális biomassza C és N értékeit megállapíthatjuk, hogy a herbicidek a mikrobiális C mennyiségében több alkalommal idéztek elő változásokat, mint a mikrobiális nitrogén tartalomban.

A nitrátfeltáródás mértéke a 2005, a 2006 és a 2008. júniusi vizsgálata során nagyobbak voltak, a kezelések közötti különbségek is határozottabban jelentkeztek. A többi mintavételi időpontban általában kisebb értékeket kaptunk. A kezelések között esetenként szignifikáns különbséget is találtunk, de az egyes kezelések között nem tapasztaltunk nagyobb különbségeket. A herbicidek többségében – az alkalmazott szerek dózisától szinte függetlenül – a 2005-ben mindkét időpontban és 2008 évi júniusi mintavételkor jelentős serkentő hatást tapasztaltunk, a 3*12=36 esetből, 31-ben. 2006. júniusi mintáiban a kezelések többsége gátló hatást gyakorolt a nitrát feltáródásra. A hatásvizsgálat során ~48%-ban serkentő hatást fejtettek ki a vizsgált herbicidek és csak 18%-ban volt gátló hatásuk. A Frontier 9020 EC herbicid alkalmazott nagyobb dózisa, valamint az Acenit A 880 EC nagy dózisa az esetek többségében növelték a nitrát feltáródást.

Kisparcellás kísérleti eredmények korrelációs vizsgálata során a négy herbicidre érvényes összefüggések közül az alábbiakat emeljük ki.

A herbicidek és az összes csíraszám értékei szignifikánsan negatív eredményeket mutattak.

A mikrobiális biomassza szén és a cellulózbontó baktériumok, valamint a széndioxid termelés között szintén – szerektől függően különböző erősségű – negatív összefüggést tapasztaltunk.

A nitrátfeltáródás és a cellulózbontó baktériumok mennyisége valamint a talaj széndioxid termelése között pozitív korrelációt bizonyítottunk.

A 2. táblázatban található adatokból kitűnik, hogy az acetoklór, a dimetenamidot és a pendimetalint már kis mennyiségben ugyan, de a kontroll parcellákban is kimutattuk, ebből a szerek talajban való mozgására lehet következtetni. Az izoxaflutol kivételével minden hatóanyag az alap dózisú kezelésben is jelen volt, az ötszörös dózis mellett pedig már nagyságrendekkel többet mértünk. Az izoxaflutol hatóanyagot csak a Merlin 480 SC herbicid ötszörös dózisa mellett találtuk meg. Ebből arra lehet következtetni, hogy az izoxaflutol hatóanyagnak a bomlása megy végbe a leggyorsabban a talajban.

2. táblázat Herbicid maradványok a vizsgált talajokban

(Debrecen, 2008)

Felhasznált herbicid és relatív dózisa	Vizsgált hatóanyagok mg*kg ⁻¹			
	acetoklór	dimetenamid	pendimetalin	izoxaflutol
Kontroll	0,0002	0,0008	0,0006	-
Acenit A 880 EC 1*	0,0014	-	-	-
Acenit A 880 EC 5*	0,1244	-	-	-
Frontier 900 EC 1*	-	0,0202	-	-
Frontier 900 EC 5*	-	0,2013	-	-
Merlin 480 SC 1*	-	-	-	-
Merlin 480 SC 5*	-	-	-	0,0085
Wing EC 1*	-	0,0059	0,0010	-
Wing EC 5*	-	0,0117	0,1298	-
Mérési módszer	GC-MS			LC-MS

A vizsgálati eredményeinket összegezve próbáltunk a herbicidek kumulatív hatását értékelni. Az alábbi 3. táblázatban az összesített eredményeket mutatja be, amelyben a kezelések hatására szignifikánsan negatív, illetve pozitív hatásokat emeltük ki.

A négy év és a kezelések eredményeinek értékelése során azt tapasztaltuk, hogy szignifikánsan növekedett a mikroszkopikus gomba telepszám az esetek 55%-ban és csak 21,9%-ban csökkent.

3. táblázat: A herbicidek hatásainak összefoglaló értékelése szabadföldi vizsgálatokban

(Debrecen, 2004-2008)

	Acenit A 880 EC			Frontier 900 EC			Merlin 480 SC			Wing EC			Összesen		
Szignifikáns különbségek	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0
Összes csíraszám	1	16	7	2	15	7	2	18	4	0	16	8	5	65	26
Mikroszkopikus gombaszám	14	5	5	13	4	7	13	6	5	11	6	7	50	21	25
Cellulózbontó baktérium szám	11	3	10	9	4	11	12	3	9	14	3	7	46	13	37
Nitrifikáló baktérium szám	7	4	13	6	9	9	7	8	9	6	6	12	26	27	43
Talaj respiráció	8	5	11	6	3	15	8	3	13	6	6	12	28	17	51
Mikrobiális biomassza C	9	7	8	10	10	4	8	12	4	7	7	10	34	36	26
Mikrobiális biomassza N	10	3	11	4	7	13	6	4	14	11	1	12	31	15	50
Nitrátfeltáródás	12	3	9	14	8	2	12	3	9	9	4	11	47	18	31

A cellulózbontó baktérium mennyisége a kezelések többségében növekedett, megállapíthatjuk, hogy az esetek közel 50%-ban szignifikánsan nőtt a cellulózbontó baktériumok mennyisége, 40%-ban nem változott és csak 10%-ban tapasztaltunk csökkenést.

A nitrifikáló baktériumok számának, a talaj légzésének valamint a mikrobiális biomassa szén mennyiségének változásának eredményeit összegezzük, akkor megállapíthatjuk, hogy az első két paraméternél kb. 25-25%-ban volt pozitív, illetve negatív hatás és 50%-ban nem mértünk különbséget. A mikrobiális biomassa szén esetében pedig egyharmad-egyharmad arányú volt a pozitív, negatív és a semleges hatás.

A mikrobiális biomassa nitrogén mennyisége a Frontier 900 EC kezelések kivételénél a több pozitív hatást tapasztaltunk, mint negatívát. Összességében megállapíthatjuk, hogy a kezelések 52%-ban nem volt szignifikáns különбég.

A nitrát feltáródás mértékénél minden esetben több volt a pozitív hatás mint a negatív, bár a Wing EC-nél a semleges hatás volt a legtöbb. A négyéves eredmények összegében megállapíthatjuk, hogy a kezelések közel 50%-ban a herbicidek serkentették a nitrátfeltáródás mértékét és csak 19%-ban tapasztaltunk csökkenést.

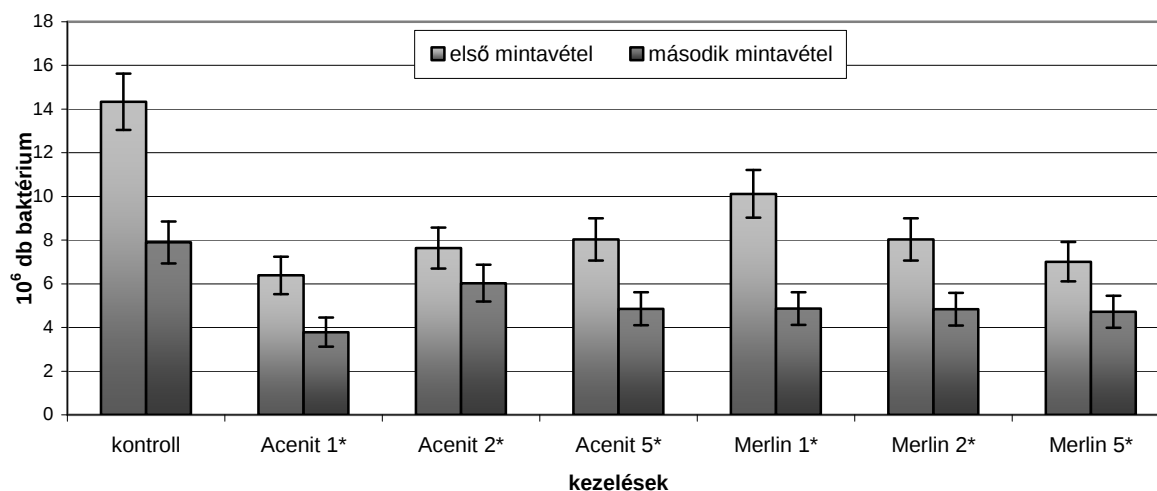
3.3. Herbicidek hatása a talajmikrobiológiai paramétereire tenyészedényes kísérletben (2008)

A tenyészedény kísérlet beállítását azért tartottuk fontosnak mivel az Acenit A 880 EC és a Merlin 480 SC esetében optimális körülmények között is vizsgálni kívántuk a talaj mikrobiológiai folyamatait.

A júniusi mintavétel során az Acenit A 880 EC herbiciddel kezelt tenyészedényekben a baktériumok mennyisége a kontroll értékének a fele volt (2. ábra) és szignifikánsan különböztek a kontroll értékétől. A dózisok növekedésével együtt nőtt ugyan a baktériumszám, de szignifikáns növekedést nem tapasztaltunk. A Merlin 480 SC herbiciddel kezelt tenyészedényekben – hasonlóan az előzőekhez – a kontroll értékénél szignifikánsan kisebb sejtszámot mértünk. A júliusi mintavételkor a kontroll értékénél kisebb összes csíraszám értéket mértünk. Az Acenit kétszeres dózisa kivételével a csökkenés elérte a szignifikáns mértéket. A Merlin 480 SC gyomirtó szerrel kezelt tenyészedényekben a

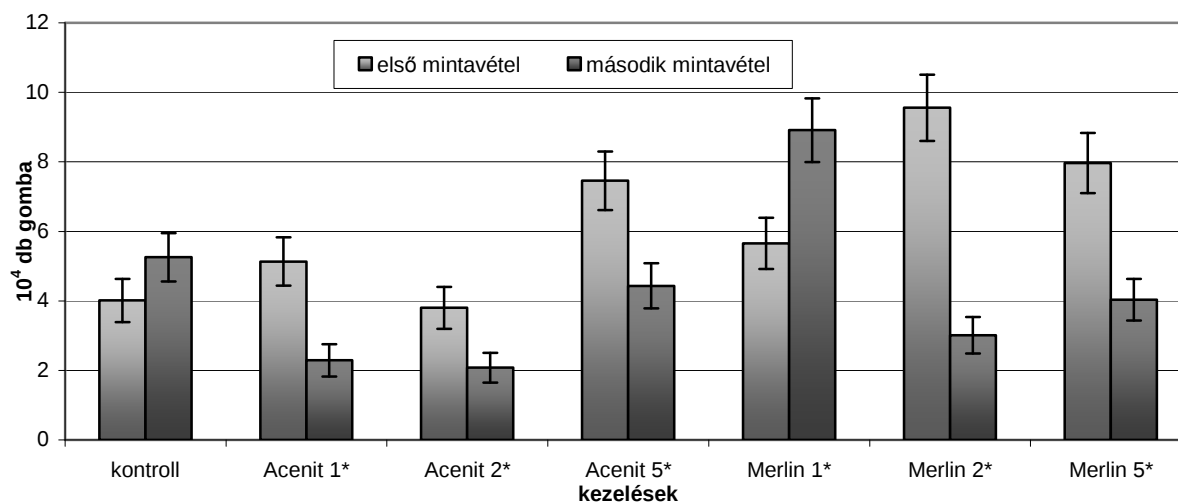
kezelések egyforma, szignifikánsan mértékű gátló hatást fejtettek ki. Végül is mindkét szer esetében, mindkét mintavétel alkalmával szignifikáns gátló hatást állapítottunk meg.

2. ábra Herbicidek hatása az összes csíraszámra tenyészedényes kísérletben
(Debrecen 2008. június, július)



A 3. ábrán a tenyészedény-kísérletben a mikroszkopikus gombák mennyiségében tapasztalt változásokat mutatjuk be, szintén a 95 % legvalószínűbb sejtszám intervallum módszerével. Megállapítható, hogy a júniusi mintavétel alkalmával a gombaszám a kontroll értékét - az Acenit kétszeres dózisa kivételével - meghaladta.

3. ábra Herbicidek hatása az mikroszkopikus gombák mennyiségére tenyészedényes kísérletben (Debrecen 2008. június, július)



A júliusi mintavétel talajainál az esetek túlnyomó többségében a kontrolltól kisebb eredményeket kaptunk. Az Acenit A 880 EC-vel kezelt edényekben az első két dózisban

szignifikánsan kisebbek voltak a gombaszámok, mint a legnagyobb dózisban. A Merlin 480 SC herbicid 2-szeres és 5-szörös adagjaival kezelt tenyészedényekben az alapkezeléstől és a kontrolltól is szignifikánsan kevesebb mikroszkopikus gombát határoztuk meg.

A nitrátfeltáródás megállapításához a 14 napos inkubációt követően a nitrát mennyiségében bekövetkezett növekedést mértük. Az első mintavételi időpontban a kontroll értékét meghaladó eredményeket kaptunk minden kezelésben. Az Acenit 880 EC herbiciddel kezelt tenyészedényekben a nitrátfeltáródás mértéke a dózisok emelkedésével együtt nőtt.

A júliusi mintavételkor a kontroll talajban mért értéket az Acenit A 880 EC herbiciddel kezelt edények közül csak az alapkezelés haladta meg, a többi kezelésnél nem volt szignifikáns különbség. A Merlin 480 SC kezelések hatására az alap- és a legnagyobb dózisban szignifikánsan kevesebb lett a feltáródott nitrát mennyisége. A nitrátfeltáródás vizsgálatokor hat esetben serkentő, hét esetben gátló hatást tapasztaltunk.

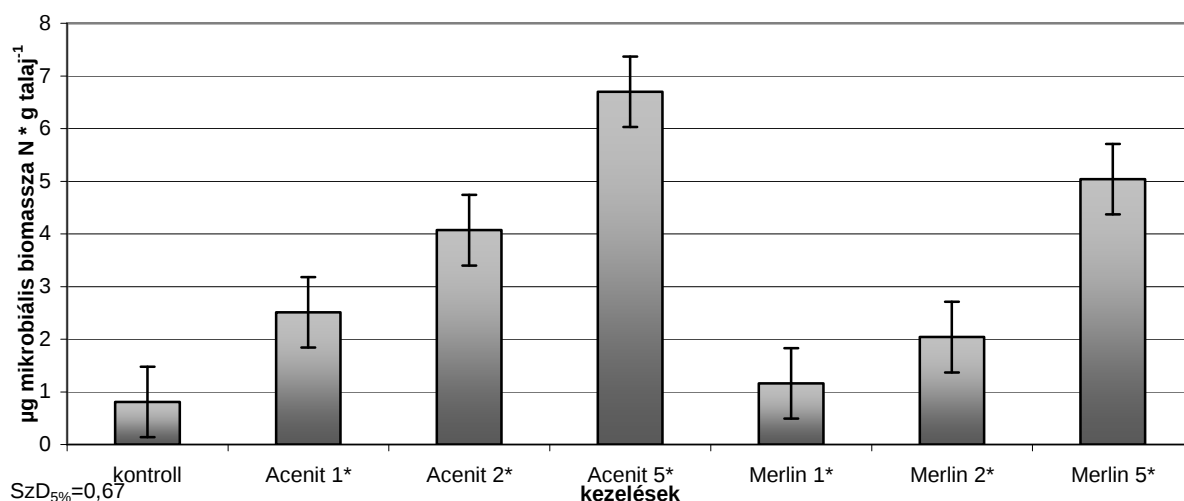
A szén-dioxid képződés és a mikrobiális biomassza szén és nitrogén mennyiség mérését csak a második mintavételi időpont talajmintáiban végeztük el. Ennek oka, hogy ezen vizsgálatok elvégzése nagyobb talajmennyiséget igényel, amit az első mintavételkor nem tudtunk a tenyészedények felszámolása nélkül megvenni.

A talaj respirációja a kontroll talajon mért értéket minden esetben meghaladta. Az eredményekből kitűnik, hogy mind a két herbicid kezelés (Acenit A 880 EC és Merlin 480 SC) hatására az alapkezelésben szignifikánsan intenzívebb volt a talajok légzése, mint a kontrollé. A többi kezelésben szignifikáns különbségeket nem tapasztaltunk.

A mikrobiális biomassza szén mennyisége a kontrollhoz képest csökkent, kivéve a két középső dózissal kezelt variánsban, ahol szignifikáns különbségeket nem kaptunk.

A kisparcellás szántóföldi eredményekhez hasonlóan, a mikrobiális biomassza nitrogén mennyisége a kontroll tenyészedényekben volt a legkisebb (4. ábra). Az Acenit A 880 EC herbicidekkel kezelt tenyészedényekben a dózisok emelkedésével együtt szignifikánsan nőtt a biomassza nitrogén mennyisége a kontrollhoz és egymáshoz viszonyítva is. A Merlin 480 SC gyomirtó szerrel kezelt edényekben a mikrobiális biomassza nitrogén mennyisége a dózisok emelkedésével szintén nőtt, de az első két kezelés sem a kontrolltól, sem egymástól nem különbözött szignifikáns mértékben.

4. ábra Herbicidek hatása mikrobiális biomassza nitrogén mennyiségére tenyészedényes kísérletben (Debrecen 2008. június, július)



4. táblázat Herbicidek hatása a képződött növényi biomassza tömegére tenyészedényes kísérletben (Debrecen 2008. június, július)

Kezelés	Növényi biomassza (g * növény ⁻¹)
Kontroll	1,51
Acenit A 880 EC 1*	0,92
Acenit A 880 EC 2*	0,83
Acenit A 880 EC 5*	1,16
Merlin 480 SC 1*	1,37
Merlin 480 SC 2*	1,26
Merlin 480 SC 5*	0,67

A képződött növényi biomassza mennyiségére is hatással voltak a herbicid kezelések (4. táblázat). Az adatokból jól látható, hogy az Acenit A 880 EC herbiciddel kezelt tenyészedényekben átlagosan 30-50%-kal kisebb volt a növényi biomassza produkció. A Merlin 480 SC alap dózisa mellett nem volt jelentős a növényi biomassza képződésének a csökkenése, de a nagy dózis mellett már közel 60 %-kal kevesebb száraztömeget mértünk, következésképpen itt a dózisok eltérő hatása is megfigyelhető.

4. Új és újszerű tudományos eredmények

A környezeti tényezők befolyásolják a hatásvizsgálatokat, ezért a herbicidek talajtani hatásainak pontosabb megismeréséhez fontos a többoldalú vizsgálati megközelítés. Laboratóriumi körülmények között a befolyásoló tényezők minimálisra csökkenthetők. A tenyészedény kísérletekben ellenőrzött és reprodukálható körülményeket lehet biztosítani a kísérlethez, (rendszeres víz-és tápanyag utánpótlás). Kisparcellás kísérleti körülmények között – a herbicideken kívül – az éghajlati tényezők is közrejátszottak a talajmikrobiológiai folyamatok intenzitásának kialakításában.

A herbicidek általában csökkentették a talaj baktérium populáció mennyiségét, ugyanakkor növelték a mikroszkopikus gombák telepszámát és a cellulózbontó baktériumok mennyiségét.

Az eredményeinkből kitűnik, hogy a herbicidek kismértékben befolyásolták a mikrobiális biomassza nitrogén mennyiségét és a talaj széndioxid-termelő képességét, ugyanakkor a herbicid kezelések többségében növelték a talaj nitrátfeltáró képességét.

A kisparcellás kísérleti eredmények vizsgálata során mind a négy herbicidre – szerektől függően különböző mértékben – statisztikai összefüggéseket mutattunk ki az általunk vizsgált talajmikrobiológiai paraméterek között.

Az eredményekből levonható az a következtetés, hogy az Acenit A 880 EC és a Frontier 900 EC befolyásolta leggyakrabban az általunk vizsgált talajmikrobiológiai értékeket.

5. Gyakorlatban hasznosítható eredmények

- A herbicidek másodlagos hatásának pontosabb megismerésére fontos a szerek talajmikrobiológiai hatásvizsgálatát elvégezni, célszerű meghatározni a talajmikrobák populációjára és az aktivitására gyakorolt hatását.
- A vizsgálatok igazolták, hogy a herbicidek maradványai megtalálhatók a talajban. A szerek halmozódásának további hatása lehet a talajmikrobiológiai folyamatokra, illetve a környezetre.
- A vizsgálataink eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy a Merlin 480 SC herbicidnek kevesebb alkalommal volt másodlagos hatása a talaj mikrobiális életközösségére, és a kisebb szermaradvány mennyiséget is mértünk a talajban. Ezért a Merlin 480 SC herbicid gyakorlati alkalmazását ajánljuk.
- A szermaradványok halmozódása miatt felhívjuk a figyelmet a talaj monitoring vizsgálatok fontosságára.
- A szermaradványok halmozódása miatt felhívjuk a figyelmet a talaj monitoring vizsgálatok fontosságára.

Publikációk az értekezés témakörében

Tudományos folyóiratcikkek

Sándor Zs. (2006): Különböző herbicidek hatása a talajban élő mikrobák mennyiségi előfordulására és aktivitására. Agrártudományi Közlemények 2006/23, 76-82.p.

Sándor Zs. (2006): The effect of some herbicides on microbes and their activity in soil. Cereal Research Communications Vol. 34, 275-278.p.

Sándor Zs. – Kátai J. – Tállai M. – Varga A. – Balogh E. (2007): The effect of herbicides applied in maize on the dynamics of some soil microbial groups and soil enzyme activity. Cereal Research Communications Vol. 35, 1025-1028.p.

Sándor Zs. – Kátai J. – Nagy P. T. (2008): The effect of herbicides on some microbiological parameters of carbon-cycle in maize monoculture. Cereal Research Communications Vol. 36, 1175-1178.p.

Sándor Zs. – Tállai M. (2008): Kukoricához alkalmazott herbicidek hatása a talaj nitrogén-körforgalom néhány mikrobiológiai jellemzőjére. Agrártudományi Közlemények 2008/32, 93-100.p.

Kátai J. – Zsuposné, O. Á. – **Sándor Zs.** – Tállai M. (2009): The effect of soil acidification on some microbiological processes of soil in a long term fertilization experiment. Cereal Research Communications Vol.37, 403-406.p.

Tudományos konferencia kiadványban megjelent cikkek

Sándor Zs. (2005): Növényvédőszerek hatása a talajmikrobák növekedésére. XI. IFT Keszthely CD 5 oldal

Kátai J. – **Sándor Zs.** (2006): Impact of Acenit (A 880 EC) on the growth of microscopic fungi and microbial processes in soil. The 4th international symposium “Natural Resources and Sustainable Development” Oradea, 10-11 October, Ed.: Maghiar T. T., Nagy J. 2006. 261-270.p.

Sándor Zs – Kátai J. – Nagy P. T. – Tállai M. – Zsuposné Oláh Á. – Varga D. (2007): Különböző herbicidek összehasonlító értékelése a talaj szén-körforgalom mikrobiológiai jellemzői alapján. Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia Kecskemét, Szerk.: Ferencz Á. 967-970.p.

Konferencia kiadványban megjelent absztrakt

Sándor Zs. (2005): Kukorica kultúrában alkalmazott herbicidek hatása néhány teszt mikrobára. Tavaszi szél 2005. Konferencia kiadvány. Doktoranduszok szövetsége 459.p. ISBN:96321836.

Kátai J. – **Sándor Zs.** (2005): Herbicidek és a mikrobák kölcsönhatása a talajban. „Termékpálya, élelmiszer- és környezetbiztonság az agráriumban”. Gödöllő 2005. október 07. Összefoglalók, 26.

Sándor Zs. - Kátai J. (2005): The effects of herbicides used in maize cultures on soil microbes and their activity. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica 2005/52, Budapest 136-137.p.

Sándor Zs. - Kátai J. (2006): The effect of Acenit (A 880 EC) on the growth of some soil microscopic fungi and on the soil microbiological processes. Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica 2006/53, 336-337.p.

Sándor Zs. – Kátai J. – Nagy P. T. – Zsuposné Oláh Á. (2007): The effect of different herbicides on some factors of carbon cycle in a chernozem. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine 2007/63-64 AcademicPres, Cluj – Napoca, Ed.: Marghitas L. 340.p.

Könyvrészlet

Sándor Zs. – Zsuposné dr. Oláh Á. (2008): A társulások néhány jellemző folyamata.; Az elemek biogeokémiai körforgalma.; Talaj-növény kapcsolat, a biológiai aktivitás és a talajtermékenység összefüggései. A talajbiológiai aktivitás mérési módszerei. In: Talajtan, Talajökológia Szerk: Kátai J. Debreceni Egyetem 156-157; 158-174; 175-179.p. ISBN 978-963-9874-05-3

Nem a doktori értekezés témakörében megjelent publikációk

- Keresztúri P. – **Sándor Zs.** – Peles F. – Igloi A. – Szabó A. (2006): Influence of soil phosphorus forms on the VAM fungi sporulation in the case of five different soil types. Cereal Research Communications Vol. 34 No. 1 219-222.p.
- Kátai J. – Tállai M. – Lazányi J. – Lukácsné Veres E. – **Sándor Zs.** (2007): The effect of bentonite on species soil parameters and microbial characteristics of the carbon cycle. Joint International Conference on Long-term Experiments, Agricultural Research and Natural Resources. Debrecen-Nyírlugos 31st may – 1st June, 2007, Ed.: Lazányi J. 247-254.p.
- Kátai J. - Vágó I. - **Sándor Zs.** - Tállai M. - Varga A. (2007): A talaj néhány tulajdonságának változása műtrágya és baktérium készítmény (BACTOFIL[®] A 10) alkalmazásakor. Erdei Ferenc IV. Tudományos Konferencia Kecskemét, Szerk.: Ferencz Á. 947-950. p.
- Nagy P. T. – Turzó S. – **Sándor Zs.** – Nyéki J. – Szabó Z. (2007): Effect of different flower thinning techniques on annual fluctuation of micronutrients in sweet cherries (*Prunus avium* L.). Erdei Ferenc IVth Scientific Conference Kecskemét, Szerk.: Ferencz Á. 1021-1024.p.
- Nagy P.T. – Thurzó S. – **Sándor Zs.** – Drén G. – Szabó Z. – Nyéki J. (2007): Study of effects a complex fertilizer and a biostimulator on macronutrient content of leaf and fruit quality on sweet sherry (*Prunus avium* L.). Bulletin of University of agricultural sciences and veterinary medicine 2007/63-64 AcademicPres, Cluj – Napoca, Ed.: Marghitas L. 339.p.
- Kátai J. – Vágó I. – **Sándor Zs.** – Tállai M. – Zsuposné Oláh Á. (2007): The effect of an artificial fertilizer and a bacterium preparation (Bactofil[®] A10) on the properties of soils. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine 2007/63-64 AcademicPres, Cluj – Napoca, Ed.: Marghitas L. 465.p.

- Kátai J. – Vágó I. – **Sándor Zs.** – Tállai M. (2008): The effect of an artificial and a bacterium fertilizer on some soil characteristics and on the biomass of the ryegrass (*Lolium perenne* L.) Cereal Research Communications Vol.36, 1171-1174.p.
- Nagy P. T. – Nyéki J. – Szabó Z. – **Sándor Zs.** (2008): Floral analysis as an early plant analitical tool to diagnose nutritional status of fruit trees. Cereal Research Communications Vol.36, 1335-1338.p.
- Tállai M. – **Sándor Zs.** – Kátai J. (2008): Bentonit hatása humuszos homok talaj tápanyagtartalmára és néhány mikrobiológiai tulajdonságára. Talajtani Vándorgyűlés Nyíregyháza, 2008 május 28-29 Talajvédelem (különszám) Szerk.: Simon L. 527-534.p.
- Zsuposné, O. Á. – Kátai, J. – **Sándor, Zs.** – Szili-Kovács, T. (2008): Examination of soils originating from different Hungarian regions, EUROSIL 2008. (Vienna-Bécs) Aug. 25-29. Soil-Society-Environment. Book of Abstracts. Winfried E. H. Blum, Martin H. Gerzabek and Manfred Vodrazka (Eds.) University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU) ISBN: 978-3-902382-05-4. 203-204.p.
- Tállai M. – **Sándor Zs.** – Vágó I. – Kátai J. (2008): A tápanyag-utánpótlás különböző módjainak hatása a talaj néhány mikrobiológiai tulajdonságára. Agrártudományi Közlemények 2008/32, 119-126.p.