

Különböző herbicidek hatása a talajban élő mikrobák mennyiségi előfordulására és aktivitására

Sándor Zsolt

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar, Talajtani Tanszék, Debrecen
zsandor@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható növénytermesztés – a gyomok elleni küzdelemben – elképzelhetetlen herbicidek alkalmazása nélkül. Ugyanakkor ezen kemikáliák hatást gyakorolnak a talaj mikrobiális életközösségére is. Olyan herbicidet célszerű használni, amelynek a gyomirtáson kívül minimális másodlagos hatása van a környezetre és a talajban tevékenykedő mikrobákra. Talajbiológiai szempontból nem kívánatos sem a tartósan serkentő, sem pedig a gátló hatást kiváltó gyomirtószer használata, ugyanis mindkét csoport drasztikus befolyást gyakorol a mikrobák előfordulására és aktivitására, megváltoztatva a fennálló biológiai egyensúlyt.

A kisparcellás kísérletek beállítása előtt laboratóriumi vizsgálatokat végeztünk, amely során hét, kukorica kultúrában használt herbicid hatását vizsgáltuk a baktériumszám változására és a teszt mikroszkopikus gombák növekedésére. A nagyobb változásokat előidéző szereket alkalmaztuk a kisparcellás kísérletben, amelyet a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Tanszék kísérleti telepén állítottuk be. Négy herbicid (Acenit A 88 EC, Frontier 900 EC, Merlin SC, Wing EC) talajmikrobiológiai hatását tanulmányoztuk. A herbicideket növekvő koncentrációban alkalmaztuk a kukorica kultúrában, ahol vizsgáltuk különböző talajrétegekben kifejtett hatását is. A laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztuk különböző herbicid koncentráció mellett az összes csíraszám alakulását, valamint az *Aspergillus niger*, a *Trichoderma* sp. és a *Fusarium oxysporum* gombák növekedését pepton-glükóz agar (herbicid tartalmú) táptalajon. A kisparcellás kísérletből évente 3 alkalommal vettünk talajmintát a 2-20 cm talajrétegekből. A mintákból az összes csíraszámot és a mikroszkopikus gombaszámot lemezöntéses módszerrel, a nitrifikáló és a cellulóz-bontó baktériumok számát Pochon és Tardieux (1962) szerint határoztuk meg. A talaj mikrobiológiai aktivitására következtítettünk a nitrát feltáródás, a széndioxid képződés, valamint a biomassza C és N mérésével.

Eredményeinket az alábbiakban összegezzük:

- Laboratóriumi vizsgálatok során a herbicidek minden esetben gátló hatást fejtettek ki a baktériumpopuláció szaporodására és a mikroszkopikus gombák növekedésére.
- Nagyobb gátlást minden esetben a Frontier 900 EC és az Acenit 800 EC herbicidek gyakoroltak ki a teszt mikroorganizmusokra.
- Kisparcellás kísérletben a herbicidek hatására lecsökkent az összes csíraszám és a mikroszkopikus gombák mennyisége.
- A nitrifikáló- és cellulóz-bontó baktériumok mennyisége jelentősen növekedett a kezelések hatására.
- Ugyanazon hatóanyag-tartalmú herbicidek hasonló hatást fejtettek ki a mikroorganizmusokra.
- Herbicidek hatását túlélő, toleráns mikroorganizmusok élettani folyamait az alkalmazott kemikáliák jelentősen megnövelték.

Kulcsszavak: talaj, mikrobiológia, herbicid

SUMMARY

Sustainable plant growth, considering the difficulties of weed elimination, cannot be effective without the application of herbicides. However, these chemicals have enormous ecological implications, including effects on the microbiological communities of soils. It is advisable to use herbicides that have minimal secondary effects on the environment and soil-living microorganisms. In contrast, herbicides with prolonged growth stimulating or inhibiting effects are not suitable, because both types have strong influences on the number and activity of bacteria, thus causing changes in the ecological equilibrium.

Preceding small plot experiments, laboratory tests were carried out to study the effect of herbicides used in maize cultures on the number of bacteria and growth of microscopic fungi. Substances that were observed to have stronger influences were applied in small plot experiments set up in the experimental garden of the Department of Plant Protection of the University of Debrecen. We studied the effects of four herbicides (Acenit A88EC, Frontier 900 EC, Merlin SC and Wing EC) on the microbiological properties of the soil. These herbicides were used in different concentrations in maize culture, and we investigated the effects in different soil layers.

In the laboratory experiments, we determined the total number of bacteria and microscopic fungi and examined the growth of *Aspergillus niger*, *Trichoderma* sp. and *Fusarium oxysporum* on peptone-glucose agar containing herbicides.

During the small plot experiments, soil samples were collected 3 times a year from 2-20 cm depth. The total numbers of bacteria and microscopic fungi were determined by plate dilution method, while the method of most probable number (Pochon method) was used to determine the numbers of nitrifying bacteria and cellulose decomposing bacteria. To evaluate the microbiological activity of the soil samples we measured carbon-dioxide release (after 10 days incubation), nitrate production (after 14 days incubation) and the concentration of C and N in the biomass.

We can summarize our results as follows:

- In laboratory experiments, herbicides caused a decrease in the number of bacteria and inhibited the growth of microscopic fungi.
- Frontier 900 EC and Acenit A 880 EC had the strongest inhibiting effect on microorganisms.
- In small plot experiments, herbicide treatment decreased the total number of bacteria and microscopic fungi.
- Herbicides caused a significant increase in the number of nitrifying and cellulose decomposing bacteria.
- Different herbicides containing the same active compound had similar influences on soil microorganisms.
- A significant increase was observed in the physiological processes of tolerant microorganisms surviving the effects of herbicides

Keywords: soil, microbiology, herbicide

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A peszticidek nagy szerepet játszanak a gyomok, az állati kártevők és a parazita gombák elleni küzdelemben. Ezek a kemikáliák az elmúlt évtizedekben is hozzájárultak a növénytermesztés terméseredményeinek növeléséhez, és azok biztonságos, magas szinten tartásához. Felmérések szerint a kultúrnövényeket károsító élő szervezetek napjainkban világszerte 35%-kal csökkentik a mezőgazdasági termés hozamokat. Ma még a mezőgazdasági termelés – számtalan próbálkozás ellenére – elképzelhetetlen a peszticidek (herbicidok, inszekticidek és a fungicidek) alkalmazása nélkül. Ugyanakkor ezek a kemikáliák hozzájárulhatnak az atmoszféra, a felszíni és felszín alatti vizek, a mezőgazdasági művelés alatt álló talaj szennyezéséhez, különösen akkor, ha alkalmazásuk nem szakszerű.

Az 1980-as években növekvő mennyiségű peszticidet használtak fel, ezek mennyisége megközelítette a hektáronkénti 4,5 kg-ot, ez napjainkra lecsökkent 1,5-1,6 kg-ra, mely köszönhető a mezőgazdaság átalakulásának, és az újabb növényvédő szerek megjelenésének, melyek hatóanyagaiból már kisebb mennyiség is elegendőnek bizonyult. Hazánkban 292 különböző peszticidet használhattak 1976-ban, az utóbbi években megközelítette a 900 készítményt, a peszticideknek 45%-a herbicid. Az állati kártevők 14%, a gombák 12%, a gyomnövények 9% termésvesztést okoznak (Gáborjányi et al., 1995).

Talajbiológiai szempontból nem kívánatos a használata sem a tartósan serkentő, sem pedig a gátlást kiváltó növényvédő szereknek, ugyanis mindkét csoport befolyást gyakorol a mikrobiális életközösségre, és megváltoztatja a fennálló biológiai egyensúlyt. Olyan herbicidet célszerű használni, amelynek a gyomirtáson kívül minimális másodlagos hatása van a talaj mikroba közösségekre. A talaj mikroorganizmusainak a mennyiségében és arányaiban bekövetkezett változások mögött a faji biodiverzitás átalakulása húzódik meg. Így az érzékenyebb fajok egyedszáma minimálisan csökken, egyes fajok el is tűnhetnek, míg az adott herbiciddel szemben rezisztens fajok felszaporodnak (Kapur et al., 1981). A herbicidek talajba kerülése után az arra érzékeny szervezetek elpusztulnak, és könnyen bontható maradványaikat a túlélők hasznosítják (Cervelli et al., 1978). Egyes organizmusok képesek közvetlenül hasznosítani a herbicideket növekedésükhöz. Ezen kívül azon szervezetek is mennyiségi növekedést mutatnak, amelyek a herbicid degradálók anyagcseretermékeit és a már lebontott szermaradványokat is fogyasztják. Taylor-Lovell et al. (2002) kimutatták, hogy az izoxaflutol bomlását a talajban élő mikroorganizmusok meggyorsították.

Az alkalmazott szerek számos mellékhatásával is számolnunk kell, amelyek a talaj termékenységének csökkenését, a termések leromlását eredményezik (Vester, 1982). Müller (1991) szerint a herbicideket a

talajéletre gyakorolt hatása alapján négy csoportba sorolhatjuk: 1. serkentő hatásúak; 2. semleges hatásúak (nem, vagy alig gyakorol észrevehető hatást); 3. gátló hatásúak; 4. a hatás nem egyértelmű.

Angerer et al. (2004) modellkísérletekben vizsgálta az új generációs herbicid készítmények mezőgazdaságban alkalmazott és azt meghaladó dózisainak hatását a talajban élő néhány fontos, szelektív táplemezekben kitenyészhető mikrobacsoport mennyiségi változása alakulására. Az inkubáció során bizonyítást nyert, hogy a kitenyészhető mikrobacsoportok érzékenysége különböző az adott herbicid adagokkal szemben. Bíró (2002) vizsgálata alapján a szabadon élő nitrogénkötő baktériumok képviselték a leginkább érzékeny mikrobacsoportot.

Helmeczi et al. (1988) 14 herbicid, illetve 2 szerkombináció hatását vizsgálták 3 mikroszkopikus gombafajra (*Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus nigricans*). Nagyobb herbicid dózisok esetén gátlást tapasztaltak a tesztorganizmusok növekedésének vizsgálatokor.

Mészlepedékes csernozjom talajon végzett vizsgálatok szerint az Acenit gyomirtó szer a tenyészidőszak alatt jelentős változást okoz a talajban élő mikroorganizmusok mennyiségében és enzimaktivitásában. Normál és többszörös dózisban is növelte a foszfatáz, a szacharáz és a kataláz enzimek aktivitását. Az ureáz enzim aktivitására a kontrollhoz képest az Acenit minden dózisban inhibitoriként hatott (Káta, 1998).

Káta és Veres (2003) vizsgálatai szerint az acetoklór-atrazin tartalmú herbicid kombináció (Erunit A 530 FW) általában növelte a baktériumszámot, a mikroszkopikus gombák számát, az enzimek aktivitását és a CO₂ produkciót. A többi, általunk használt herbicidre talajmikrobiológiai vonatkozású eredményeket nem találtunk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A laboratóriumi vizsgálatokat a DE ATC MTK Talajtani Tanszék talajbiológiai laboratóriumában végeztük. A kutatásunkhoz Miller (1972) féle módszert alkalmaztuk: „mérgezett agar – lemezes módszer fungicid készítmények vizsgálatához”. Az eljárás során fungicidek helyett herbicideket használtunk a „mérgezett agar” elkészítéséhez. A kísérletek során a kukorica kultúrában alkalmazott hét herbicidet (*I. táblázat*) használtam fel. Minden gyomirtó szernél beállítottunk kontrollt is, ahol a táptalajba desztillált vizet kevertünk. A „mérgezett agaron” az előírt hektáronkénti dózis 1-, 2-, 5-, 10-szeresének megfelelő mennyiségben adagoltuk a táptalajhoz a herbicideket, és meghatároztuk a különböző mikroszkopikus gomba (*Trichoderma* sp., *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger*) telepnövekedését. Ezen kívül vizsgáltuk a mészlepedékes csernozjom talajban található baktériumok mennyiségi változását a herbicidekkel kezelt agaron.

Herbicidek nevei, hatóanyagtartalma és dózisa

Herbicidek(1)	Hatóanyag(2)	kg ha ⁻¹
Acenit A 880 EC	800 g l ⁻¹ acetoklór + 80 g l ⁻¹ AD-67 antidótum	2,0 – 2,6
Frontier 900 EC	900 g l ⁻¹ dimetenamid	1,2 – 1,6
Gartoxin FW	100 g l ⁻¹ dikamba + 380 g l ⁻¹ atrazin	2,0 – 2,5
Guardian Max	840 g l ⁻¹ acetoklór + 28 g l ⁻¹ flurilazol	2,0 – 2,5
Merlin SC	480 g l ⁻¹ izoxaflutol	0,16 – 0,2
Trophy	768 g l ⁻¹ acetoklór + 128 g l ⁻¹ diklóramid	2,0 – 3,3
Wing EC	250 g l ⁻¹ dimetenamid + 250 g l ⁻¹ pendimetalin	3,5 – 4,5

Table 1: Name of the herbicides, type of the active compounds and their doses
herbicides(1), agent(2)

A gomba-növekedés eredményeinek statisztikai-matematikai értékelését PRISM 3.02 program segítségével végeztük el, és egyutas variancia analízissel, ANOVA vizsgálattal megállapítottuk, hogy a kezelések milyen mértékben különböznek a kontrolltól. A Tukey-féle poszt teszttel ellenőriztük az egyes hígítások közötti különbségeket. A baktériumszám változását talaj-víz szuszpenzióból, lemezöntéssel két hígításban és három ismétlésben a petricsészékben kifejlődött baktériumok mennyisége alapján állapítottuk meg. Ezeknek az eredményeknek statisztikai-matematikai értékelését Horváth (1974) szerint készítettük el, kiszámítva a mintavételi átlagot, a szórást, a variációs együtthatót, a 95%-os valószínűségi intervallumot és a szignifikancia értéket.

A kisparcellás kísérletet a DE ATC MTK Növényvédelmi Tanszék kísérleti telepén állítottuk be mészlepedékes csernozjom talajon, mely során figyeltük a kukoricában használt négy herbicid (Acenit A 88 EC, Frontier 900 EC, Merlin SC, Wing EC) talajmikrobiológiai hatásait. A herbicideket növekvő koncentrációban (egyszeres, kétszeres és ötszörös hektáronkénti dózisban) adtuk a kukorica növények alá, és figyeltük talajmikrobiológiai aktivitásában bekövetkezett hatásait. A parcellákat úgy alakítottuk ki, hogy volt két kontrollparcella, és növekvő koncentrációjú herbicidekkel kezelt parcellák voltak egymás után, majd ez ismétlődött randomizált elrendezésben. A felhasznált herbicidek méregkategória szerinti besorolás alapján „gyenge méreg” és „gyakorlatilag nem mérgező” osztályba tartoznak. A vizsgálat során három alkalommal vettünk talajmintát a 2-20 cm talajrétegből. A talajban élő mikrobák mennyiségi meghatározására az összes baktériumszámot (húsleves-agaron) és a mikroszkopikus gombák mennyiségét (pepton-glükóz-agaron) talaj-vizes szuszpenzióból lemezöntéssel határoztuk meg. A nitrifikáló és cellulózbontó baktériumok számát Pochon és Tardieux (1962) szerinti legvalószínűbb csíraszám módszerével állapítottuk meg. A talaj mikrobiológiai aktivitásának szempontjából mértük a talajból 10 nap alatt felszabaduló szén-dioxid mennyiségét, a

mikrobiális biomasza széntartalmát kloroform fumigációs-inkubációs eljárással Jenkinson és Powlso (1976) módszere alapján, a biomasza szén- és nitrogéntartalmát kloroform fumigációs-extrakciós eljárással Brookes módszert felhasználva, kisebb módosításokkal. Ezekon kívül meghatároztuk a talaj nitrát tartalmát és a nitrát feltáródását két hét alatt 1:5 talaj-vizes kivonatból Na-szalicilátos módszerrel.

A vizsgálatok értékelésénél végeztünk többváltozós statisztikai analízist az SPSS 9.0 program segítségével, melynél megnéztük a többdimenziós skálázást.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSE

A szabadföldi kísérletet megelőző laboratóriumi vizsgálatoknál a lemezöntéssel kitenyészhető összes baktériumszám alakulását a kontroll és a gyomirtószeres kezeléseknél, oszlopdiagramban az 1. ábrán mutatjuk be.

A „mérgezett húsleves agaron” meghatározott baktériumszám alapján az adatokból kitűnt, hogy a herbicidek növekvő koncentrációja szignifikánsan nem változtatta meg a sejtszámot, de a kontrollhoz képest csökkenést figyelhettünk meg. Ez azzal magyarázható, hogy már kis koncentrációban is elpusztította a herbicid a szerte érzékeny mikroorganizmusokat, és a nagyobb koncentráció sem pusztította el a szerrel szemben rezisztens fajokat. A kontroll sejtszáma 95%-os valószínűséggel $[6,97-8,25] \cdot 10^6$ db g⁻¹ között változott. Ezt az értéket csak a Wing EC herbiciddel kezelt táptalajon növekedett baktériumok mennyisége érte el, így ennek a herbicidnek a baktériumok mennyiségére gyakorolt hatása szignifikánsan nem tért el a kontrollhoz képest. Legjobban az Acenit A 880 EC hatására csökkent a sejtszám $([1,90 - 2,77] \times 10^6)$ a kontroll egyharmadára, míg a Merlin SC-nél ez 50%-os csökkenést eredményezett (1. ábra).

Vizsgáltuk továbbá az említett herbicidek hatását a talajban élő mikroszkopikus gombák növekedésére, és arra az eredményre jutottunk, hogy nem egyforma mértékben gátolták a gombák növekedését a különböző szerek.

1. ábra: Herbicidek hatása a mészlepedékes csernozjom talajban élő baktériumok mennyiségére (Debrecen, 2005)

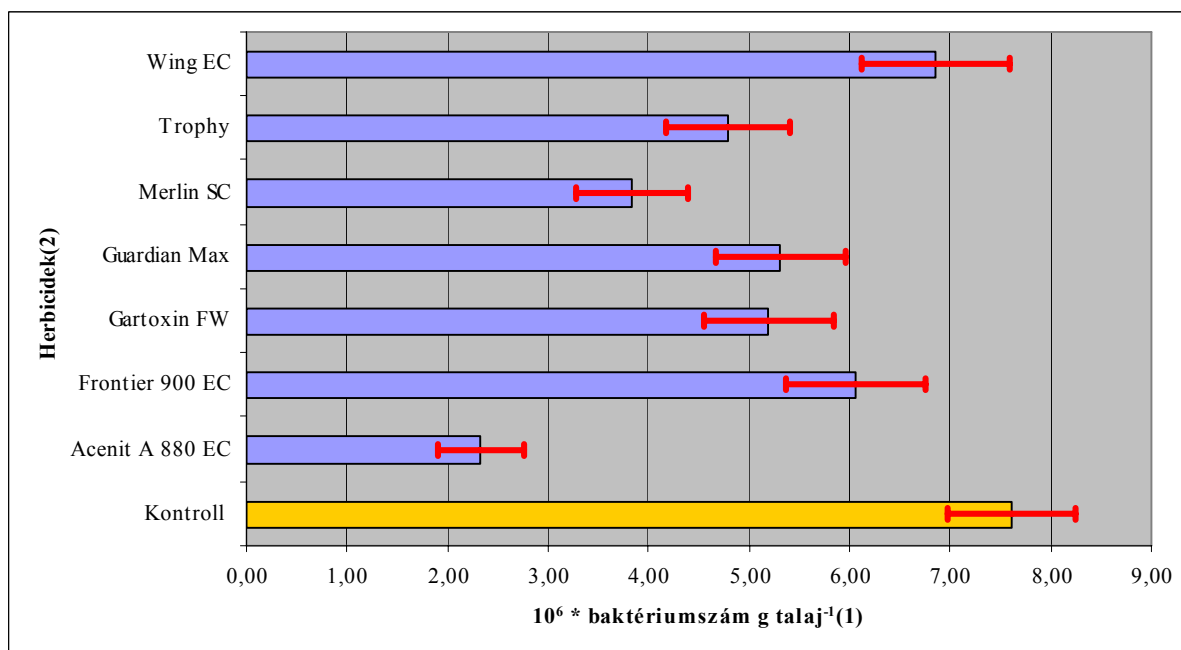


Figure 1: Effects of herbicides on the number of soil living bacteria
10⁶ * number of bacteria g soil⁻¹(1), herbicides(2)

A statisztikai értékelés során szignifikáns eltérések voltak a gombatelepek átmérői között a herbicidek hatására, kivéve a *Fusarium oxysporum* esetén, ahol a WING EC herbicid hatására semmilyen szignifikáns átmérő változást nem tapasztaltunk. A herbicidek nagy többségénél a kontrollhoz képest az átmérők szignifikánsan csökkentek. Az is megfigyelhettük, hogy az ötszörös

és tízszeres hektáronkénti dózis között csak a kezelések 30%-ában mutathattunk ki szignifikáns különbséget.

A vizsgált herbicideket a három mikroszkopikus gomba kontrollhoz viszonyított növekedését ábrázoltuk. A 2. ábrán látható a *Trichoderma* növekedésében bekövetkezett változás a kontrollhoz képest.

2. ábra: Herbicidek hatása a *Trichoderma* sp. Növekedésére (Debrecen, 2005)

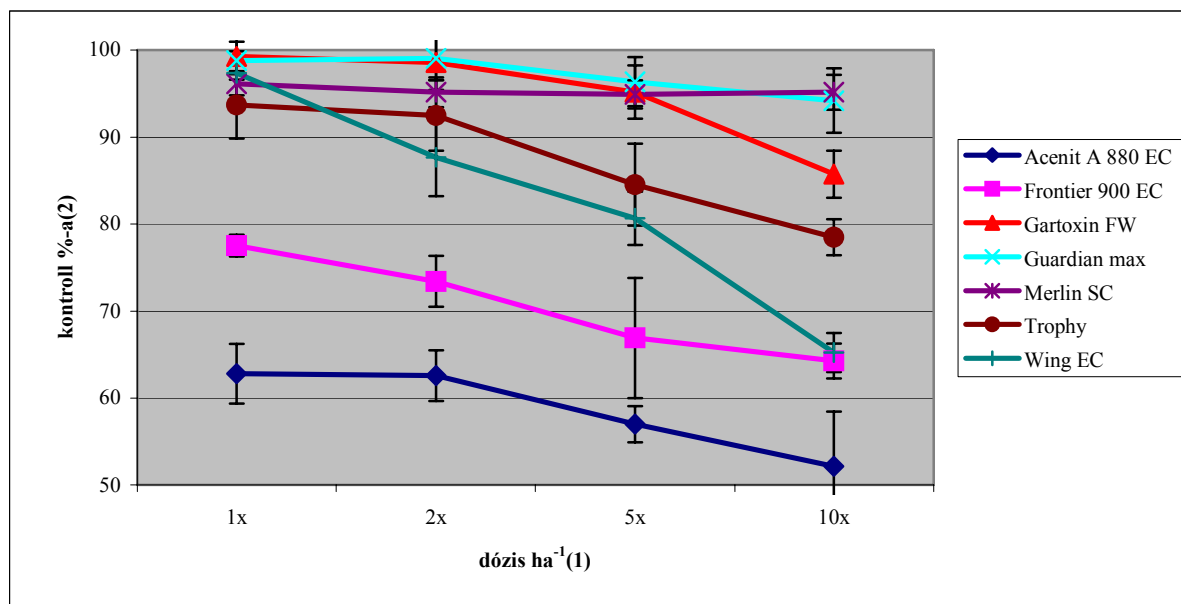


Figure 2: Effect of herbicides on the growth at *Trichoderma* sp.
dose ha⁻¹(1), control %(2)

Az eredmények azt bizonyították, hogy a Frontier 900 EC és Acenit A 880 EC-nél nagyobb mértékű a telepek növekedésében bekövetkezett csökkenés. A Gartoxin FW, Guardian Max és a Merlin SC esetében kisebb mértékű telepátmérő csökkenést tapasztaltunk.

Az *Aspergillus niger* növekedését Wing EC, Acenit A 880 EC, Frontier 900 EC, Merlin SC herbicidek gátolták jelentősen. A Gartoxin FW és a Trophy gyomirtó szerek különös hatást nem gyakoroltak az *Aspergillus niger* növekedésére (3. ábra).

3. ábra: Herbicidek hatása az *Aspergillus niger* növekedésére (Debrecen, 2005)

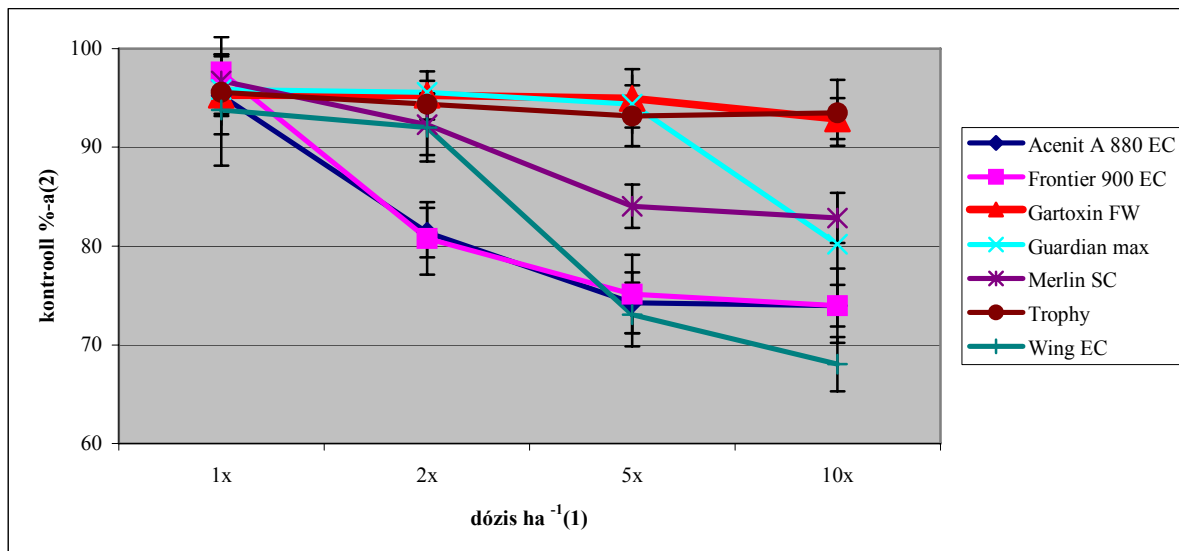


Figure 3: Effect of herbicides on the growth at *Aspergillus niger* dose ha⁻¹(1), control %(2)

A *Fusarium oxysporum* növekedését szintén az Acenit A 880 EC, Frontier 900 EC és mellettük a Trophy herbicid gátolta a erőteljesebben és jelentős

hatása volt még a Merlin SC-nek is. A Wing EC és a Guardian Max a telepek növekedését lényegesen nem befolyásolta (4. ábra)

4. ábra: Herbicidek hatása a *Fusarium oxysporum* növekedésére (Debrecen, 2005)

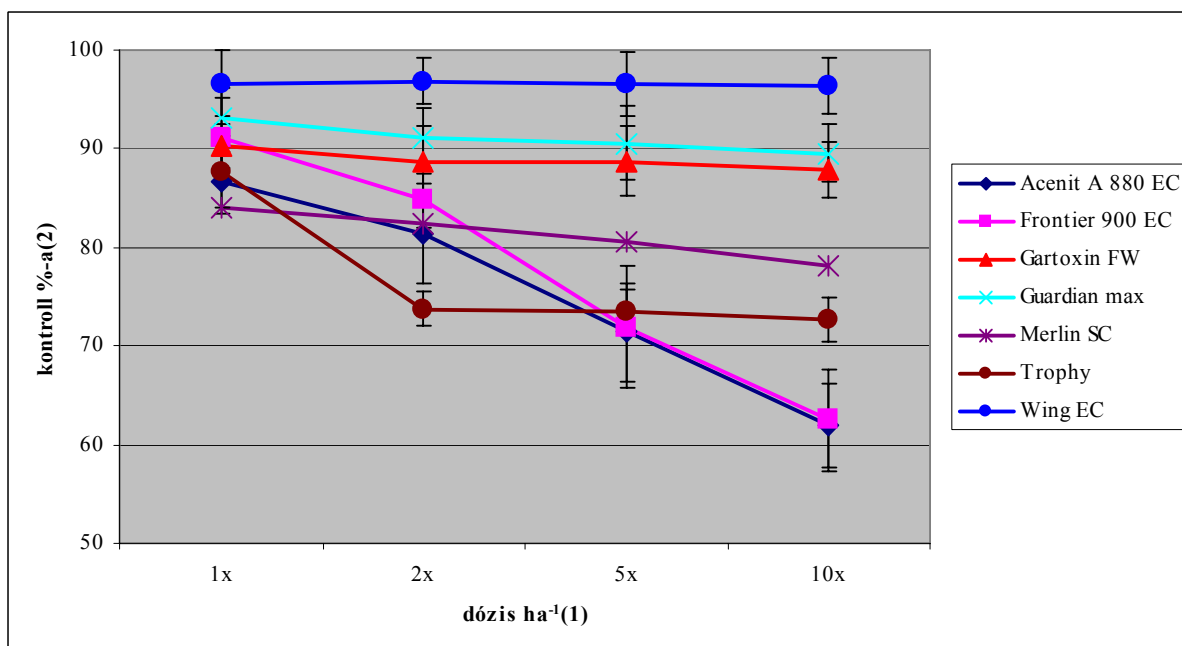


Figure 4: Effect of herbicides on the growth at *Fusarium oxysporum* dose ha⁻¹(1), control %(2)

A kisparcellás szántóföldi kísérletek esetén a talajban élő mikroorganizmusok számára történő meghatározások eredményeit a 2. táblázatban mutatjuk be. A több mintavétel során kapott eredményeket átlagolva a táblázatban a kontroll százalékában fejeztük ki az adott talajjelzőről. A táblázatból kitűnik, hogy az összes csíraszámra és a mikroszkopikus gombák számára a kontrollhoz képest a herbicidek minden koncentrációban gátló hatást fejtettek ki.

A Merlin SC herbicidnél egyértelműen látszik mind az összes csíraszám, mind a mikroszkopikus gombák számánál, hogy a dózisok emelkedésével csökkent a sejtszám. A nitrifikáló baktérium szám esetén a Wing EC kivételével a nagyobb dózisokban meghaladta a sejtszám a kontroll értékét és a további dózis emelkedésével együtt nőtt. A cellulózbontó baktériumok mennyiségi változását követve megállapítható, hogy mennyisége minden esetben meghaladta a kontroll értékét.

2. táblázat

Herbicidek hatása a talajban élő mikroorganizmusok mennyiségére
(az eredményeket a kontroll százalékában fejeztük ki)
(Debrecen, 2005 éves átlag)

	Herbicidek hektáronkénti dózisa(1)	Összes csíraszám(2)	Nitrifikáló baktériumszám(3)	Cellulózbontó baktériumszám(4)	Mikroszkopikus gombaszám(5)
Kontroll	0	100	100	100	100
ACENIT A 880 EC	1	39,68	54,79	349,07	43,38
ACENIT A 880 EC	2	34,64	104,23	757,31	14,9
ACENIT A 880 EC	5	51,16	243,93	383,33	25,31
FRONTER 900 EC	1	3579	29,08	70,37	42,82
FRONTER 900 EC	2	46,99	255,65	355,56	54,93
FRONTER 900 EC	5	44,65	278,57	835,16	74,5
MERLIN SC	1	31,37	87,35	295,93	43,85
MERLIN SC	2	23,41	146,01	800	34,23
MERLIN SC	5	17,27	84,02	365,74	18,11
WING EC	1	40,6	29,73	276,85	48,28
WING EC	2	94,93	60,21	368,98	75,61
WING EC	5	36,04	38,3	314,35	67,46

Table 2: Effect of herbicides on the number of soil living bacteria (Results are in terms at the control sample) dose/ha of herbicides(1), total number of bacteria(2), nitrifying bacteria(3), cellulose decomposing bacteria(4), microscopic fungi(5)

3. táblázat

Herbicidek hatása a talajban élő mikroorganizmusok élettani folyamataira
(az eredményeket a kontroll százalékában fejeztük ki)
Debrecen, 2005 éves átlag

	Herbicidek hektáronkénti dózisa(1)	NO ₃ -N feltáródás(2)	CO ₂ képződés(3)	Biomassza C(4)	Biomassza N(5)
Kontroll	0	100	100	100	100
ACENIT A 880 EC	1	426,76	99,69	78,1	166,44
ACENIT A 880 EC	2	567,31	124,14	58,36	128,06
ACENIT A 880 EC	5	817,44	122,59	100,41	161,35
FRONTER 900 EC	1	322,95	104,55	53,22	96,39
FRONTER 900 EC	2	675,83	131,76	103,87	155,44
FRONTER 900 EC	5	1468,33	159,52	129,74	199,42
MERLIN SC	1	324,76	99,57	48,16	141,23
MERLIN SC	2	531,96	135,57	71,85	202,43
MERLIN SC	5	1294,76	108,05	112,84	145,62
WING EC	1	289,99	89,46	61,08	106,05
WING EC	2	364,81	110,99	119,94	117,29
WING EC	5	921,8	113,86	101,92	139,29

Table 3: Effects at herbicides on the physiological activity of soil living microorganisms dose/ha of herbicides(1), NO₃-N digestion(2), CO₂ production(3), microbial biomass C(4), microbial biomass N(5)

A mikroorganizmusok élettani folyamataira irányuló vizsgálataink eredményeit a 3. táblázatban mutatjuk be. Az eredményeket szintén a kontroll százalékában tüntettük fel. Az eredmények értékelésénél látható, hogy a herbicidek hatására, annak koncentrációjának növekedésével együtt emelkedtek a talajmikrobiológiai jellemzők. Kismértékű csökkenést csak a talajlégzésnél (széndioxid termelődésnél) tapasztaltunk a kisebb herbicid koncentráció alkalmazásakor.

A talajban élő mikrobák által befolyásolt C és N körforgalmi adatok együttes értékelésénél az ugyanazon hatóanyag-tartalmú Frontier 900 EC és a Wing EC hatásspektruma közel azonosnak tekinthető. A másik két szer az előbbi kettőtől elkülönült (5. ábra). Az eddigi vizsgálataink alapján megállapíthatjuk, hogy talajmikrobiológiai szempontból erősen gátló hatást mutatott az Acenit A 880 EC. A többi herbicid gyengébb gátló hatást vagy egyértelműen még nem megállapítható hatást fejtettek ki, ezért a hatásuk egyértelműbb megállapításához további vizsgálatok szükségesek.

5. ábra: A herbicidek hatása a talaj mikrobiológiai aktivitására

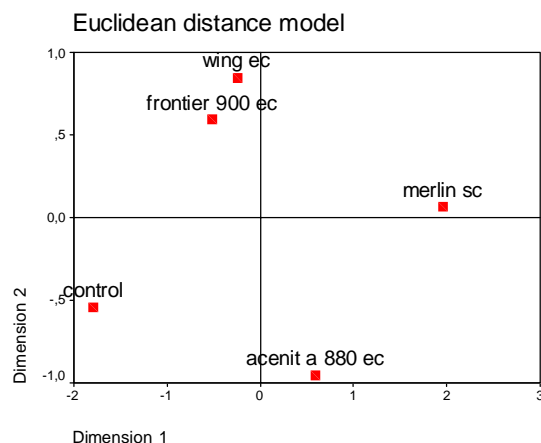


Figure 5: Effects of herbicides on the microbial activity of soil

IRODALOM

- Angerer P.I.-Köböcz L.-Bíró B. (2004): Mikrobacsoportok herbicid-szennyvíz kombinációkkal szembeni érzékenységének vizsgálata modellkísérletben. *Agrokémia és talajtan*, 53/3-4 331-342.
- Bíró B. (2002): Talaj- és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és a környezetminőség szolgálatában. *Acta Agron. Hung.* 50. 77-85.
- Cervelli, S.-Mannipieri, P.-Sequi, P. (1978): Interaction between agrochemicals and soil enzymes. In: *Soil Enzymes*, (ed. BURNS) London, Acad. Press. 252-293.
- Gáborjányi R.-Kömives T.-Király Z. (1995): Fenntartható mezőgazdaság. *Növényvédelem*, 31. 2.
- Helmecci, B.-Káta, J.-Bessenyei, M. (1988): Effect of herbicides on growth of some microscopic soil fungus species. *Acta Microbiologica Hung.* 35 (4) 429-432.
- Horváth I. (1974): *Kvantitatív mikrobiológiai eljárások*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 55-61.
- Jenkinson, D.S.-Powlson, D.S. (1976): The effects of biological treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 27/8, 209-213.
- Kapur, S.-Belfield, W.-Gibson, N.H.S. (1981): The effects of fungicides of soil fungi with special reference to nematophages species. *Pedobiológia*, Jena 21/3., 172-181.
- Káta, J. (1998): The effect of herbicides on the amount and activity of microbes in the soil. In: *Soil Pollution* (Szerk.: Filep Gy.) Debrecen, 169-177.
- Káta, J.-Veres, E. (2003): The effects of herbicides used in maize culture on the microbial activity in soil. 2nd International Symposium. „Natural Resources and Sustainable Development”. May 22-25, 2003. Nagyvárad, Románia. 114-115.
- Miller, P.M. (1972): Fungicide control of *Helmithosporium maydis* and three other species of *Helmithosporium*. *Plant Disease Reporter* 65. 7. 612-614.
- Müller G. (1991): Az agroökológia talajmikrobiológiai kérdései és az intenzív mezőgazdasági termelés. *Agrokémia és talajtan*, 40/1-2. 263-272.
- Pochon, J.-Tardieux, P. (1962): *Techniques D'Analyse en Micobiologie du Sol*. Collection „Techniques de Base”, 102.
- Taylor-Lovell, S.-Sims, G.K.-Wax, L.M. (2002): Effects of moisture, temperature, and biological activity on the degradation of isoxaflutole in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50. 5626-5633.
- Vester F. (1982): *Az életben maradás programja*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest. 361.