

1. BEVEZETÉS

A talaj, mint megújuló természeti erőforrás, rendkívüli tulajdonságokkal rendelkezik: amellet, hogy a többi természetes erőforrás hatását integrálva és átalakítva termőhelyet biztosít a természetes és termesztett növényzetnek, képes a természetes és emberi tevékenység hatására bekövetkező kedvezőtlen hatásokat mérsékelni. A természet hatalmas szűrőrendszerének tekinthető, amely képes a mélyebb rétegeket és a felszín alatti vízkészleteinket a felszínre jutó szennyezésektől megóvni (Várallyay, 1992).

A talaj minősége - ami nem csupán a termékenységét jelenti, hanem azt is, hogy mennyire képes eleget tenni az említett funkcióknak - rendkívül változatos lehet. Stefanovits et al. (1999) szerint a Magyarországon előforduló talajtípusok száma 38, a típusokon belüli altípusok száma pedig 87, eltérő fizikai, kémiai és mikrobiológiai tulajdonságokkal.

A talajra ható stresszhatások közül egyre nagyobb jelentőségűek a mezőgazdasági termeléssel összefüggő szennyezések, amelyek származhatnak a talajba juttatott műtrágyákból, kémiai talajjavító anyagokból, a felhasznált *pesticidekből*. Okszerű, nem túladagolt alkalmazásuk általában nem vezet környezetszennyezéshez, de a szakszerűtlen, túlzott mértékű használat szennyezést okozhat. Ezek az anyagok, amellet, hogy toxikusak lehetnek a talaj mikroorganizmusaira, vagy a növényekre, bekerülhetnek a táplálékláncba, de a mélyebb rétegekbe leszivárogva szennyezhetik a felszíni és felszín alatti vizeinket is. Rendkívül fontos tehát ismernünk, hogy mi történik a kijuttatott kemikáliákkal a természetben, hogyan viselkednek különböző tulajdonságokkal rendelkező környezetben, különféle talajtípusokban (MANNINGER, 1967; KECSKÉS, 1985; THYLL, 1996).

A mezőgazdasági tevékenységből származó, szerves vegyületeket tartalmazó talajszennyezők közül a talajfertőtlenítők és a herbicidek a legjelentősebbek, mivel ezek a szerek közvetlenül a talajba vagy talaj felszínére kerülnek (HELMECZI et al., 1988). A kukorica termesztésében széles hatásspektrumuk, hosszú hatástartamuk, kitűnő szelektivitásuk és kedvező áruk miatt már csaknem ötven éve közkedveltek az **atrazin** tartalmú herbicidek (Helmecci, 1983, KÁTAI és Helmecci, 1991).

Hazánkban már 1972-ben rendeletben szabályozták az atrazin hatóanyag felhasználását, a legmagasabb kijuttatható mennyiséget.

3 kg/ha/2 év dózisban határozták meg. 1995-ben, az atrazin hatóanyagú herbicidek engedély-megújítását követően a felhasználható mennyiséget 0,7-1,4 kg/ha hatóanyagban maximálták.

1993-ban végzett felmérés szerint a felső talajrétegben a herbicidek közül az atrazin (Aktinit PK) fordult elő a legtöbb esetben (KÁROLY et al., 1999). A csökkenő felhasználás miatt 1998-as adatok szerint felszín alatti vizeink 68%-ában nem detektálható atrazin, és csupán 1%-ában mutattak ki 2 m g/l-nél nagyobb koncentrációt, ami a WHO által megadott limit (RAKICS, 2000, KÁRPÁTI et al., 1998). Az EU ajánlása alapján az atrazin megengedhető mennyisége a többi peszticidhez hasonlóan maximum 0,1 m g/l (EC, 1998).

Bár a kijuttatott atrazin többnyire a felszíni talajrétegben marad, ahol kifejti hatását (KÁROLY et al., 1991), kimutatták már esővízben (RICHARDS et al., 1987; NATIONS és HALLBERG, 1992), szél-erózió eredményeként keletkezett hordalékban (GLOTFELTY et al., 1989) is. Talajvízben a herbicidek közül az atrazin a leggyakrabban detektált vegyület (RITTER 1990).

Az atrazin talajvíz felé történő transzportja számos tényező függvénye, beleértve a vegyület fizikai és kémiai tulajdonságait, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait, a benne előforduló élőlények mennyiségét, összetételét, és tevékenységét, valamint a környezeti tényezőket.

Kutatásaink célja volt:

- rutinszerűen alkalmazható előkészítési és mérési módszer adaptálása atrazin meghatározásához,
- a módszer pontosságának körvizsgálatban történő ellenőrzése,
- a kísérleti telepek három talajtípusának mélységi mintáiban a talajtulajdonságok meghatározása,
- atrazin kimutatása az általunk vizsgált talajszelvényekben,
- inkubációs kísérlet beállítása, az atrazin degradációjának követése,
- összefüggés-vizsgálat az atrazin bomlásának mértéke és a talajtulajdonságok között.

2. Anyagok és módszerek

2.1. Mintavételi helyek

2.1.1. A Pallagi Kísérleti Telep

A telep talaja **futóhomok (altípusa lepelhomok)**. A területen évek óta kertészeti növényeket termesztettek. A termesztés során különböző adagokban műtrágyát és öntözést is alkalmaztak. Atrazin tartalmú gyomirtó szereket a területen nem használtak.

2.1.2. A Debreceni Tangazdaságok és Tájkutató Intézet Látóképi Kísérleti Telepe

A kísérleti telep talaja löszön képződött mély humuszrétegű alföldi **mészlepedékes csernozjom**. A mintavétel területén 15 éve kukoricát termesztettek monokultúrában. 1982-88 között kizárólag atrazin tartalmú herbicidet használtak a monokultúras kukoricatermesztésben, 2 kg/ha mennyiségben. A gyomflóra megváltozása miatt 1988 óta kombinált szereket használtak, az atrazin tartalmú szerek aránya 20-30 %, tehát a terület atrazin-terhelése az utóbbi években jelentősen lecsökkent. A területen különböző adagú műtrágyázást és öntözést végeztek.

2.1.3. A Hajdúböszörményi Kísérleti Telep

A terület talaja **típusos réti talaj**. A kísérleti telepen monokultúras kukoricatermesztésben 1992-ig alkalmasszerűen használtak atrazin tartalmú herbicideket, 1992 óta más herbicidekkel kombinálva az atrazint 1,2 kg/ha/év mennyiségben alkalmazták.

2.2. Mintavétel, minták kezelése

A talajmintákat steril körülmények között vettük meg. Az egyes rétegek egyértelmű elkülönítése érdekében acélhengereket készítettünk, melyeket tisztítás és autoklávban végzett sterilizálás után használtunk mintavételre.

A mintavétel helyszínén 2 méter mély mintavételi gödröt ástunk. A talajmintákat a mészlepedékes csernozjom és a típusos réti talaj esetében 20 cm-enként, a futóhomok talajnál 190 cm-ig 30 cm-enként vettük az említett steril acélhengerekkel. A hengerekben lévő talajmintáknak is csak a belső, teljesen érintetlen részét használtuk fel, melyet sterilizált üvegedényekbe helyeztünk, és felhasználásig hűtőszekrényben tároltunk.

A mintavétel 200-600 cm között EIJKELKAMP típusú talajfúró berendezéssel történt. A mészlepedékes csernozjom és a típusos réti talaj esetében 200-300 cm között 25, 300-600 cm között 50 cm-enként, a futóhomoknál 190-240 cm között 25, 240-600 cm között 50 cm-enként vettünk mintákat. A tervezett mintaszám a talaj morfológiai rétegződése miatt helyenként módosult, az aktuális mélységeket az Eredmények c. fejezet megfelelő táblázataiban pontosan feltüntettük. A futóhomok esetében az egyes rétegek morfológiai jellege, a réti talaj esetében pedig az 500 cm-nél megjelenő talajvíz módosította a mintavétel mélységét, így a minták számát is. A kontamináció elkerülése a fűráshoz használt csövek kisebb átmérője és az elkerülhetetlen tömörödés miatt körülményesebb volt, de ezeknek a mintáknak is csak a belső, érintetlen részét használtuk kísérleteinkhez.

2.3. A vizsgálatok módszerei

Meghatároztuk az eredeti talajminták néhány fizikai és kémiai tulajdonságát.

A **nedvességtartalmat** a talaj 105° C-on végzett szárítása után a tömegvesztéséből számítva a száraz talaj %-ában fejeztük ki.

A **leiszapolható részt** ülepitési eljárással határoztuk meg.

A minták **pH** értékeit desztillált vizes és M KCl-os szuszpenzióban is megmértük.

A **mész tartalmat** BALLENEGGER – di GLÉRIA (1962) módszerével határoztuk meg.

A **szerves széntartalom** méréséhez SZÉKELY et al. (1960) módszerét használtuk.

A nitrát tartalom mérését nátrium-szaliciláttal, Felföldy (1987) módszere szerint végeztük.

Az **összcsíraszámot** tripton-szója táptalajon, lemezöntéssel eljárással határoztuk meg.

Az **atrazin** tartalmat acetonitril : desztillált víz 9:1 arányú elegyével végzett extrakció után MERCK-HITACHI HPLC készülékkel mértük, saját módszerünk szerint.

A mérés körülményei:

L-6200A Intelligent Pump,

L-4500 Diode Array detektor

AS-4000 Intelligent Auto Sampler

D-7000 Chromatography Data Station Software, MERCK-HITACHI

Oszlop: Lichrospher 100 RP-8 (5m m), 125 x 4 mm, MERCK

Eluens: Acetonitril: desztillált víz 70: 30.

Flow: 0,8 ml/perc

Hullámhossz: 220 nm.

2.4. A degradációs kísérlet

A degradációs kísérletekhez a talajminták egy részét autoklávban sterilizáltuk háromszor, három egymást követő napon (128° C, 2,5 bar, 60 perc). A minták másik részét eredeti állapotukban használtuk a kísérlethez.

Mindhárom talajprofilhoz egy eredeti és egy autoklávzott mintasorozat tartozott. A talajminták nedvességtartalmát azonos nedvességtartalomra, a maximális vízkapacitás 90 %-ára állítottuk be. Rétegenként 6 x 50 g talajmintához 200 mg/l-es atrazin vizes oldatából 5-5 cm³-t adtunk. Az alaposan összekevert, lezárt mintákat 28° C hőmérsékletű termosztátba helyeztük. A mészlepedékes csernozjommal végzett inkubációs kísérlet alatt a starttól számított 28, 84 és 168 nap múlva, a másik két talajtípusnál 28, 56 és 112 nap múlva mintát vettünk, és ellenőriztük a mikrobaszám és az atrazin mennyiségének változását. A mintavételek után minden esetben feljegyeztük a tömeget, a következő mintavétel kezdetén steril vízzel pótoltuk az elvesztett nedvességet.

Fentiek alapján az egyes talajrétegekhez 6 párhuzamos minta tartozott, azaz minden atrazin-szintre és baktériumszámmra vonatkozó adat 6 mérés átlaga.

Körvizsgálat keretében validáltuk módszereinket. Négy résztvevő csoport egy felszíni és egy mélyebb rétegből származó talajmintát juttatott el a koordinátorhoz. A minták elosztása után valamennyi laboratórium három hónapos inkubációs kísérletet állított be a fentebb leírtak szerint, összesen négy mintavétellel és elemzéssel.

Az eredeti elgondolás szerint a három egymást követő autoklávzással steril, azaz élő mikroorganizmust nem tartalmazó talajmintákat szerettünk volna előállítani. SKIPPER et al. (1967) ¹⁴C-el jelzett atrazin lebomlási kísérlet során 20 percig tartó, 121 C° -on végzett autoklávzással steril mintát tudtak produkálni. Ellenőrző kísérleteink azonban azt bizonyították, hogy a háromszori autoklávzás után is maradt a mintákban életképes mikroorganizmus. A degradációs kísérletekben tehát nem steril, hanem csökkentett csíraszámú mintákkal dolgoztunk, a dolgozatban

ezért használom az eredeti (nem autoklávozott) ill. autoklávozott minta megjelölést.

A vizsgálati eredmények **kiértékeléséhez és feldolgozásához** IBM kompatibilis, Intel Celeron processzorral, 56 MB RAM-mal rendelkező számítógépet használtam Microsoft Windows 98 operációs rendszerrel. A szöveges értékelést Microsoft Word 97, az ábrák szerkesztését és a statisztikai értékelést Microsoft Excel 97 program segítségével végeztem. A különböző adatok közötti összefüggést regresszió-analízissel (függvényillesztés) határoztam meg.

3. EREDMÉNYEK

3.1.1. Kertészeti Kísérleti Telep, Pállag

A kísérleti telepen évek óta kertészeti növények termesztése folytatták. A termesztés során különböző adagokban műtrágyát és öntözést is alkalmaztak. Atrazin tartalmú gyomirtó szereket a területen nem használtak.

3.1.2. A kísérleti telep talajának fizikai, kémiai, valamint mikrobiológiai jellemzői

A kísérleti telep talaja futóhomok (lepelhomok). A feltárt talajprofil rétegeinek néhány fizikai és kémiai tulajdonságát, valamint az összcsíraszámot az 1. táblázat tartalmazza.

A rétegek nedvességtartalma a vizsgálat időpontjában viszonylag alacsony volt. A legalacsonyabb értékeket 160-290 cm között mértük.

A leiszapolható rész 160 cm-ig kissé növekedett, 160-290 cm között alacsonyabb volt, majd az alsóbb rétegekben jelentősen megnövekedett.

Mind a desztillált vízben, mind a M KCl szuszpenzióban mért pH 160 cm-ig növekedett, majd a mélységgel nem változott számottevően.

A kalcium-karbonát tartalom a 100 cm-nél mélyebb rétegekben 2,5 és 9,7% között változott.

A szervesanyag tartalom 130 cm-ig fokozatosan csökkent, az alsóbb rétegekben igen alacsony értékeket mutatott.

Az 50-130 cm közötti rétegekben nitrát-felhalmozódást lehetett kimutatni.

Az összcsíraszám eredményeit értékelve feltűnő, hogy a 400-600 cm közötti rétegekre is viszonylag magas baktériumszám jellemző. Különösen magas a 400-450 cm-es rétegben meghatározott érték.

A talajszelvény rétegeiben extrahálható atrazint nem lehetett detektálni.

1. táblázat. A futóhomok (lepelhomok) néhány fizikai és kémiai tulajdonsága, valamint összcsíraszám (Debrecen-Pállag, 1996. 04. 29.)

Réteg (cm)	Nedvesség (%)	Leiszapolható rész (%)	pH(deszt.víz)	pH(M KCl)	CaCO ₃ (%)	Szerves szén %	NO ₃ ⁻ (mg/kg)	Összcsíraszám (millió/g talaj)
0-30	10.99	12.60	6.82	6.10	0	0.48	13,2	8,39
30-50	11.86	12.92	6.40	5.40	0	0.63	8,9	2,87
50-70	11.76	13.24	6.70	5.80	0	0.36	21,4	2,93
70-100	9.95	14.04	7.10	6.40	0	0.20	11,5	1,67
100-130	9.31	15.48	8.20	7.85	4.2	0.16	6,0	2,27
130-160	9.12	15.64	8.20	8.01	9.7	0.06	4,5	3,52
160-190	7.23	10.36	8.28	8.02	5.9	0.04	5,7	0,88
190-215	7.74	11.20	8.16	7.98	6.5	0.05	4,7	1,50
215-240	7.78	8.04	8.22	7.92	6.9	0.03	2,5	1,71
240-290	6.72	6.96	8.32	7.92	2.5	0.04	2,9	1,59
290-350	10.89	17.04	8.30	7.78	6.8	0.04	6,2	1,47
350-400	17.01	28.12	8.30	7.78	8.4	0.09	1,6	2,48
400-450	13.13	34.00	8.20	7.68	5.7	0.09	1,1	10,1
450-500	21.60	24.28	8.25	7.65	5.7	0.09	1,8	7,0
500-550	17.65	29.35	8.18	7.65	5.1	0.11	1,0	5,1
550-600	24.27	34.36	8.30	7.68	5.1	0.21	13,2	5,2

1. ábra



3.1.3. A homoktalajjal végzett atrazin degradációs kísérlet eredménye

Az inkubációs kísérlet három mintavételi időpontjában mért atrazinszintek alakulását a 1. ábra mutatja be (a hozzáadás után közvetlenül mért atrazin mennyiségek %-ában).

Az adatokból jól látható, hogy a 28 ill. 56 napos inkubációs idő eltelte után az eredeti és autoklávozott mintákban kimutatható atrazin mennyisége között, a felső rétegek kivételével, alig tapasztalható különbség. Lényeges különbség csak az utolsó mintavétel idején látható, főleg a 0–130 cm, illetve a 450-600 cm közötti rétegekben. Szembetűnő, hogy az autoklávozott sorozat mintáiban lényegesen több atrazin maradt, mint az eredeti mintákban.

Az eredmények értékelésekor feltűnt, hogy az eredeti minták sorozatában a legnagyobb mértékű atrazin “eltűnést” abban a rétegben detektáltuk, amelynek legmagasabb a leiszapolható rész tartalma és az összcsíraszám.

3.2. Kísérleti telep, Látókép

A területen 1982-88 között kizárólag atrazin tartalmú herbicidet használtak a monokultúrás kukoricatermesztésben, 2 kg/ha mennyiségben. A gyomflóra megváltozása miatt 1988 óta kombinált szereket használnak, az atrazin tartalmú szerek aránya 20-30 %, tehát a terület atrazin-terhelése az utóbbi években jelentősen lecsökkent.

3.2.1. A kísérleti telep talajának fizikai, kémiai, valamint mikrobiológiai jellemzői

A kísérleti telep talaja mészlepedékes csernozjom. A talajprofil rétegeinek fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságait, valamint az összcsíraszámot a 2. táblázat tartalmazza.

A rétegek nedvességtartalma 19,9 – 24,4 % között változott.

Az agyagtartalom a felső 120 cm-ben 40,03 és 43,04% közötti érték, 225 cm-ig fokozatosan csökkent, majd a mélyebb rétegekben 37,2 – 39,35 között ingadozott.

Mind a desztillált vizes, mind a M KCl-os szuszpenzióban mért pH 140 cm-ig növekedett, 140 cm-től nem változott számottevően.

A szervesanyag tartalom 160 cm-ig fokozatosan csökkent, az alsóbb rétegekben alig változott.

A kalcium-karbonát tartalom a 120 cm-nél mélyebb rétegekben 2 és 6% között változott.

A 180-350 cm közötti rétegekben nitrát-felhalmozódást lehetett detektálni.

Az összcsíraszám 140 cm-ig fokozatosan csökkent, az alsóbb rétegekben kismértékű eltéréseket tapasztaltunk.

2. táblázat. A mészlepedékes csernozjom talajprofil néhány fizikai és kémiai tulajdonsága, valamint összcsíraszám (Debrecen-Látókép, 1996. 03.26.)

Réteg (cm)	Nedvesség (%)	Leiszapolható rész (%)	pH(deszt.víz)	pH(M KCl)	CaCO3 (%)	Szerves szén %	NO ₃ ⁻ (mg/kg)	Összcsíraszám (millió/g talaj)
0-20	23.30	43.04	6.30	5.90	0	1.27	9,8	8,95
20-40	23.32	42.80	6.75	6.30	0	1.13	9,6	6,33
40-60	22.62	42.32	6.85	6.25	0	1.08	7,0	1,85
60-80	21.58	41.40	7.15	6.50	0	0.73	5,0	1,73
80-100	21.07	40.03	7.20	6.60	0	0.53	2,2	1,13
								130,85
100-120	19.90	40.88	7.30	6.75	0.01	0.38	2,4	0,85
120-140	21.43	38.00	7.60	7.60	5.73	0.26	9,9	0,47
140-160	20.26	34.88	7.65	7.75	5.16	0.19	4,3	0,23
160-180	20.26	32.68	7.55	7.80	5.44	0.19	7,0	0,20
180-200	21.14	31.28	7.55	7.85	6.01	0.13	13,1	0,31
200-225	20.48	29.68	7.80	7.80	5.30	0.13	17,6	0,20
225-250	20.70	32.32	7.85	7.85	4.01	0.13	17,3	0,21
250-275	22.10	34.10	7.70	7.80	3.58	0.19	20,0	0,22
275-300	22.93	39.35	7.60	7.70	2.72	0.19	22,9	0,118
300-350	23.76	38.90	7.55	7.70	2.00	0.26	12,2	0,296
350-400	21.21	39.24	7.70	7.70	4.30	0.21	1,9	0,033
400-450	21.35	37.52	7.80	7.80	4.15	0.13	0,6	0,155
450-500	23.15	38.04	7.80	7.90	4.30	0.06	4,1	0,096

500-550	24.22	39.60	7.75	7.80	5.16	0.14	5,0	0,265
550-600	21.51	37.52	7.75	7.80	4.30	0.13	5,9	0,178

2. ábra



3.2.2. A talaj extrahálható atrazintartalma

A profil rétegeinek extrahálható atrazintartalma igen alacsonynak bizonyult, 160 cm-ig fokozatosan csökkent, az alsóbb rétegekben kismértékben változott. Felhalmozódást a vizsgált rétegekben nem tapasztaltunk

3.2.3. A mészlepedékes csernozjom talajjal végzett inkubációs kísérlet eredménye

Az inkubációs kísérlet három mintavételi időpontjában mért atrazintartalom alakulását a 2. ábrán mutatjuk be (a hozzáadás után közvetlenül mért atrazinnal szemben).

Az első inkubációs periódus (28 nap) végén mért atrazintartalmak azt mutatják, hogy az eredeti minták esetében a talaj felső 60 cm-ében a leggyorsabb a lebomlás, a kísérlet kezdetén mért mennyiség 40,5- 54,5 – 59,6%-a maradt a felső három rétegben. Ezekben a rétegekben az autoklávozott minták atrazintartalma kevésbé változott a kiindulásihoz képest. A 120 cm-nél mélyebb rétegekben alig tapasztalható bomlás, sőt, több réteg esetében az extrahálható atrazinnal szemben magasabbnak találtuk.

A három hónapos (84 napos) inkubáció után a legszembetűnőbb a különbség az eredeti és autoklávozott minták atrazinszintjében, 140 cm-es mélységig. Az eredeti mintákban lényegesen több atrazinnal szemben, mint az autoklávozottakban. A mélyebb rétegekben nem sikerült tendenciát találni a bomlás mértékére vonatkozóan. Feltűnő azonban, hogy a mélyebb rétegekben is található néhány szint, ahol a felszíni rétegekhez hasonló mértékű lebomlás tapasztalható a nem autoklávozott mintákban. A megfelelő autoklávozott mintában lassúbb a bomlás, ami arra utal, hogy a mélyebb rétegekben is előfordulhat mikrobiális atrazinnal szemben.

A 168 napos kísérlet utolsó mintavételének eredménye az előző tendenciát mutatta. A felső rétegekben a hozzáadott atrazinnal szemben 11,4 – 10,0 – 17,6 %-a maradt. Figyelemre méltó, hogy a 300-450 cm közötti rétegekben is hasonló mértékű lebomlást tapasztaltunk. A 160 –250 cm közötti rétegekben azonban a hozzáadott herbicid 67-80 %-a megmaradt. Az összcsíraszám változását követő vizsgálatok azt mutatták, hogy ezek a rétegek nem kedveznek a mikroorganizmusok szaporodásának, a 160-180 cm-es nem autoklávozott réteg összcsíraszám például a kísérlet időtartama alatt alig változott.

3.3. Kísérleti Telep, Hajdúböszörmény

A kísérleti telepen monokultúrás kukoricatermesztésben 1992-ig alkalomszerűen használtak atrazinnal szemben herbicideket, 1992 óta más herbicidekkel kombinálva az atrazinnal szemben 1,2 kg/ ha/év mennyiségben alkalmazták.

3.3.1. A kísérleti telep talajának fizikai, kémiai valamint mikrobiológiai tulajdonságai

A kísérleti telep típusos réti talajának néhány fizikai és kémiai tulajdonságát, valamint az összcsíraszámot a 3. táblázat tartalmazza.

A rétegek nedvességtartalma 15,66-27,24% között változott. A legalacsonyabb értéket a 140-160 cm-es rétegben mértük.

A leiszapolható rész igen magas volt a 0-40 cm, valamint a 160-250 cm közötti rétegekben, 350 cm-től viszont jelentősen csökkent.

Mind a desztillált vizes, mind a M KCl szuszpenzióban mért pH 0-40 cm-ig enyhén emelkedett, majd 40-60 cm-től a megjelenő CaCO₃-nak köszönhetően jelentősen megnövekedett.

A szervesanyag tartalom 60 cm-ig fokozatosan csökkent, az alsóbb rétegekben alig változott.

A 60-140 cm-es rétegekben jelentős nitrát-felhalmozódást lehetett kimutatni.

Az összcsíraszám a vizsgált rétegekben 140 cm-ig fokozatosan csökkent, az alsóbb rétegekben lényeges változást nem tapasztaltunk.

3.3.2. A talaj extrahálható atrazintartalma

Meghatároztuk az inkubációs kísérletben használt talajminták extrahálható atrazinnal szemben (3. ábra). A felső 140 cm viszonylag alacsony atrazinnal szemben szintjei után a szelvény 250-500 cm közötti rétegeiben jelentős mértékű felhalmozódást detektáltunk. A legmagasabb értéket (0,53 mg/kg) a 225-250 cm-es rétegben mértük.

3.3.3. A típusos réti talajjal végzett inkubációs kísérlet eredménye

Az inkubációs kísérlet három mintavételi időpontjában mért atrazinnal szemben alakulását a 4. ábrán mutatjuk be (a hozzáadás után közvetlenül mért atrazinnal szemben).

Az első 28 napos inkubációs periódus alatt a 0-20 cm-es rétegben azonos mértékű volt a lebomlás az eredeti és autoklávozott mintákban. 20 és 60 cm között az eredeti mintákban maradt több atrazinnal szemben. A 60 cm-nél mélyebb rétegekben az autoklávozott minták atrazinnal szemben tartalma csak kismértékben változott a kiindulási értékhez képest. Az atrazinnal szemben nagyobb arányú csökkenése 56 nap elteltével a felső 0-40 cm-es, ill. a legalsó, 400-500 cm közötti rétegekben tapasztalható. A kísérlet végéig a 40-500 cm-es autoklávozott minták atrazinnal szemben tartalma gyakorlatilag nem változott. Az eredeti mintákban az előző mintavételhez képest 0-20 cm és 400-500 cm között csökkent nagyobb mértékben az atrazinnal szemben tartalom. A 400-500 cm közötti két rétegben az eredeti mintákban a kezdetben mért atrazinnal szemben mennyiség 13,8 ill. 13,5, míg az autoklávozottban 69,8 ill. 80,5 %-a maradt.

3. táblázat

3. táblázat: A típusos réti talaj néhány fizikai és kémiai tulajdonsága, valamint összcsíraszám

(Hajdúböszörmény, 1996.04.24.)

Réteg (cm)	Nedvesség (%)	Leiszapolható rész (%)	pH(deszt.víz)	pH(M KCl)	CaCO ₃ (%)	Szerves szén (%)	NO ₃ ⁻ (mg/kg)	Összcsíraszám (millió/ g talaj)
0-20	25.36	65.76	6.60	5.78	0	2.44	10,7	15,24
20-40	26.15	62.76	6.85	6.12	0	1.69	11,7	7,42
40-60	21.54	45.80	8.02	7.48	12.7	0.46	21,6	4,91
60-80	21.71	43.36	8.13	7.58	17.7	0.20	19,8	2,94
80-100	21.86	51.52	8.08	7.62	24.9	0.17	71,9	1,12
100-120	18.23	47.04	8.05	7.60	12.7	0.15	90,7	0,548
120-140	15.86	48.20	8.12	7.63	11.8	0.16	53,9	0,364
140-160	15.66	57.96	8.25	7.60	9.3	0.19	27,7	0,185
160-180	17.76	71.48	8.27	7.42	2.5	0.20	15,7	0,124
180-200	21.98	66.48	8.15	7.15	0.0	0.19	11,2	0,829
200-225	23.76	70.04	8.30	7.55	5.9	0.36	4,4	0,318
225-250	27.16	62.92	8.42	7.55	10.1	0.31	2,7	0,159
250-275	27.24	53.68	8.40	7.52	3.8	0.17	0,2	0,477
275-300	23.05	46.08	8.32	7.45	0.8	0.09	1,3	0,105
300-350	22.04	54.64	8.35	7.60	5.1	0.19	2,6	0,155
350-400	20.38	21.56	8.32	7.62	0.4	0.07	1,3	0,139
400-450	21.89	22.28	8.32	7.78	0.0	0.07	0,2	0,481
450-500	18.53	8.52	8.30	7.62	0.0	0.02	0,2	0,574

3. ábra



4. ábra



3.4. Összefüggés-vizsgálatok

A **pallagi futóhomok (lepelhomok) talaj** néhány tulajdonsága és az “eltűnt” atrazin mennyisége közötti összefüggés-vizsgálat szerint a nem autoklávozott mintasorozat esetében a leiszapolható rész ($r=0,76^{***}$) és az eredeti baktériumszám ($0,79^{***}$) mutatott szoros korrelációt az eltűnt – lebomlott - atrazin mennyiségével.

Az autoklávozott sorozatnál is megfigyelhető a leiszapolható részre vonatkozó összefüggés. Az összefüggést leíró egyenlet korrelációs koefficiensének értéke itt alacsonyabb ($r=0,61^{**}$).

A **mészlepedékes csernozjom** szelvény eredeti állapotú és autoklávozott rétegeire jellemző adatoknál nem állapítható meg semmilyen törvényszerűség, nincs markáns különbség az eredeti és autoklávozott rétegekben végbement degradáció között. Az összefüggés-vizsgálatok eredményéből is az a következtetés vonható le, hogy ennél a talajtípusnál nem a biológiai degradáció határozza meg az atrazin lebomlását (A baktériumszám és a lebomlott atrazin % közötti összefüggésre $r=0,29$ értéket kaptunk).

A talaj néhány tulajdonsága és az eltűnt atrazin mennyisége közötti összefüggés-vizsgálat alapján megállapítható, hogy a nem autoklávozott mintasorozat esetében mindössze a leiszapolható rész mutatott szoros korrelációt a lebomlott atrazin mennyiségével ($r=0,77^{***}$).

A **típusos réti talaj** néhány tulajdonsága és az eltűnt atrazin mennyisége közötti összefüggés-vizsgálat alapján megállapítható, a baktériumszám a lebomlott atrazin mennyiségével szoros korrelációt mutatott a nem autoklávozott mintasorozat esetében. ($r=0,82^{***}$). A leiszapolható résszel is kimutatható kevésbé szoros összefüggés ($r=0,59^{**}$). Az autoklávozott mintasorozatban a szerves szén és a pH esetében állapítható meg szoros összefüggés a lebomlással ($r=0,93^{***}$, ill. $r=0,95^{***}$).

Az összefüggés-vizsgálatok eredményét a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat
Összefüggések a talajtulajdonságok és a lebomlott atrazin mennyisége között

Talajtulajdonság	Lebomlott atrazin %	
	Eredeti talaj	Autoklávozott talaj

	Futóhomok	Mészlepedékes csernozjom	Típusos réti talaj	Futóhomok	Mészlepedékes csernozjom	Típusos réti talaj
Szerves szén	0,04	0,47	0,35	0,01	0,49*	0,93***
Leiszap. rész	0,76***	0,77***	0,59**	0,61**	0,31	0,21
pH (deszt. víz)	-	-	-	-	-	0,95***
CaCO ₃ tart.	0,26	0,46*	0,48*	0,31	0,36	0,23
Nitrát tartalom	0,36	0,3	0,23	0,34	0,19	0,33
Összcsíraszám	0,79***	0,29	0,82***	0,67**	0,48*	0,78***

4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az atrazin és metabolitjainak előfordulása és akkumulálódása rendszeres vizsgálatokkal nyomon kell követni, mivel mind ökológiai, mind környezetvédelmi szempontból komoly veszélyt jelent.
2. Megállapítottuk, hogy a fizikai tulajdonságok közül a talaj textúrája, nedvességtartalma, a kémiai tulajdonságok közül pedig a kémhatása, valamint a szervesanyag mennyisége befolyásolja leginkább a talajba kerülő atrazin átalakulását, mozgását, szorpcióját, lebomlását a talajban.
3. Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a talaj azon a rétegeiben alakul ki atrazin felhalmozódás, amelyek tulajdonságai nem kedveznek a baktériumok előfordulásának és szaporodásának.
4. A futóhomok (lepelhomok), a mészlepedékes csernozjom és a típusos réti talaj esetében vizsgálataink alapján megállapítottuk, hogy a mélyebb rétegekben, ahol eddig nem feltételezték mikrobiológiai aktivitást, az atrazin degradációja során jelentős szerepe volt a mikroorganizmusoknak.
5. Az inkubációs kísérletben az eredeti talaj összcsíraszámra és a lebomlott atrazin arányára között két talajtípus, a futóhomok (lepelhomok) és a típusos réti talaj esetében találtunk matematikailag igazolható összefüggést.
6. A vizsgált talajtípusok esetében autoklávozással nem sikerült steril (baktériummentes) talajmintát előállítani. Ugyanakkor, az autoklávozott, csökkentett baktériumszámú talajjal végzett atrazin degradációs kísérletek eredménye megerősítette, hogy a baktériumok aktívan részt vesznek az atrazin lebontásában.
7. Kísérletileg igazoltuk, hogy a termőrétegből lényegesen nagyobb mértékű az atrazin "eltűnése", mint az altalajból, továbbá, hogy az atrazin felezési ideje rövidebb volt a feltalajok, mint az altalajok rétegeiben.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK

1. Lektorált közlemények:

Issa, S. - Wood, M - Pussemier, L - Vanderheyden, V. - Douka, C. - Vizantinopoulos, S. - Györi, Z. - **Borbély, M.** - Kátai, J. (1997): Potential dissipation of atrazine in the soil unsaturated zone: a comparative study in four countries. *Pesticide Science*, 50., 99-103. p.(0,8)

Wood, M - Issa, S. - Dixon, A - Pussemier, L - Vanderheyden, V.- Vizantinopoulos, S. Douka, C. - Györi, Z.- Kátai, J.- **Borbély, M.** (1996): Herbicide degradation in the subsurface and aquifer environment in Europe. In: *The Environmental Fate of xenobiotics* (Eds.: Del Re, A. A. M. - Capri, E. - Evans, S. P. - Trevisan, M.). *Proceedings of the X Symposium Pesticide Chemistry - (EU Environment Research Programme) 30 Sept - 2 Oct, 1996 Castelnuovo Fogliani, Piacenza, Italia.* p.655-662.

Borbély, M. - Györi, Z. - Kátai, J.(1997): Az atrazin lebomlása egy réti talaj profiljában. *Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Karcag 1997. Június12-13. (poszter) 268-269. p.*

KÁTAI, J.- **BORBÉLY, M.**- GYŐRI, Z. (1999a). Atrazinbontás tanulmányozása egy nemzetközi projekt körteztjének keretében. *DATE Tudományos Közleményei Tom. XXXIV. Debrecen. (0,1)*

KÁTAI J.- **BORBÉLY M.**- GYŐRI Z. (1999b): Összefüggések az atrazin-degradáció és a talaj fontosabb tulajdonságai között. *Debrecen, Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. Talajtan és Agrokémia sz. p. 93- 102. (0,1)*

2. Külföldi konferenciákon bemutatott poszterek:

Issa, S. - Wood, M - Pussemier, L - Vanderheyden, V. - Douka, C. - Vizantinopoulos, S. - Györi, Z. - **Borbély, M.** - Kátai, J. (1996): Subsurface atrazine degradation : A comparative study in four European Countries. (poster) In *Pesticides in Soil and the Environment Abstracts of papers presented at the COST 66 meeting Stratford-upon-Avon UK 13-15 May 1996*, p.121-122.

Kátai, J - Györi, Z. - **Borbély, M.** (1996): Quantitative changing of bacteria population in some type of Hungarian soil profile. (poszter). *Symposium on Subsurface Microbiology (ISSM - 96) 15-21. Sept. 1996. Davos - Switzerland.*

Györi, Z. -Kátai, J. -**Borbély, M.** (1995): Herbicide degradation in the subsurface and aquifer environment in northern and southern Europe.

Progress report for the period 1 Aug. 1994 - 31 July 1995. (EC-Project Contract No: ERBEV5V-CT 93-0254) 3-25. p.

Borbély, M. - Györi, Z. - Kátai, J. (1996): Atrazine degradation in a soil profile of calcic chernozem. (poszter) 4th Soil and Sediment Contaminant Analysis. Workshop, Lausanne, 21-26. Sept. 1996.

Kátai, J – **Borbély, M.**-Györi, Z. (1997): Atrazine degradation in some type of soil profiles in Hungary. Seventh Annual meeting of SETAC Europe RAI Congress Centre Amsterdam. The Netherlands. April 6-10., 1997. (poster) 286.

BORBÉLY, M.- Z. GYÖRI,- J. KÁTAI. (1998). Atrazine degradation in a model experiment. 8th Annual Meeting of SETAC Europe. 14-18. April 1998. (poster) Bordeaux – France. 161.p.

KÁTAI, J.- GYÖRI, Z.- **BORBÉLY, M.** (1998): Denitrification activity in profiles of three soil types. 8th Annual Meeting of SETAC Europe. 14-18. April 1998. (poster) Bordeaux – France. 162.p.

3. EGYÉB, AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ KÖZLEMÉNYEK:

Györi, Z. -Kátai, J. -**Borbély, M.** (1995): Herbicide degradation in the subsurface and aquifer environment in northern and southern Europe. Progress report for the period 1 Aug. 1994 - 31 July 1995. (EC-Project Contract No: ERBEV5V-CT 93-0254) 3-25. P

Györi, Z. - Kátai, J - **Borbély, M.** (1997): Nitrate and atrazine degradation in some Hungarian soil types. (Herbicide degradation in the subsurface and aquifer environment in Northern and Southern Europe. EC -Project Contract No: ERBEV5V-CT 93-0254) Final Report 1 August 1994 - 31 March 1997. 1-66. p.

Wood, M - Issa, S. - Dixon, A –MARSHALL,A. - Pussemier, L - Vanderheyden, V. - Vizantinopoulos, S. - Douka, C. - Györi, Z.- Kátai, J.- **Borbély, M.** (1997): Herbicide degradation in the subsurface and aquifer environment in Europe (Cordinated by Wood, M.) Funded by the comission of the European Communities Cont Nos.: EV5V-CT93-0254/ERB-CIPD-CT93-005 (1st Aug.1993- 31st March 1997) 1-184.p.

4. Egyéb közlemények

Fazekas B.-Glávits R.- Sályi G.- Porkoláb L.-Hortobágyi N. és **Borbély J.-né:** Naposcsibék tömeges karbadoxmérgezése. Magyar Állatorvosok Lapja, 45. 641-704, (1990).(0,1)

Borbély, M. -Nagasaki, Y. -Borbély, J.- Fan, K.- Bhogle, A.- Sevoian, M. (1994): Biosynthesis and Chemical Modification of Poly(g -Glutamic Acid., Polymer Bulletin, 32, 127-132, (0,85)

Györi, Z.- Benedek, Á.- Oláh, Á. ZS. - Kovács, B.- Prokisch, J.- **Borbély, M.** (1994): Effect of different factor on the wheat quality. Third Congress of ESA, Padova. (poszter)

BORBÉLY, M. –VERES, E.- GYÖRI, Z. (1999): Screening for Mycotoxin Contamination Wheat Harvested in 1998. ICC. Konferencia 1999. Jún. 6-9. (poster) Valencia, Spain. 27.p.

Szilágyi, Sz.- **Borbély, M.** (szerk.) (1999): Gabona és gabonaőrlemények vizsgálata. Debrecen. Egyetemi jegyzet. (0,5)

BORBÉLY, M. (1999): Mikotoxin fertőzöttség vizsgálata 1998-ban betakarított búzamintákban. Debrecen, Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok. Növénytermesztési sz. p.155-162. (0,1)

SZILÁGYI, SZ.-GYÖRI, Z.-**BORBÉLY, M.**- KOTA, M.-ERDEI, M. (2000): Dietary Fiber Content of Some Hungarian Baked ProductsJoint ICC/AOAC international Conference Dublin, Ireland, May 13-18, 2000. 159.p.

Kota, M.- **Borbély, M.**- Szilágyi, Sz. (szerk.) (2000): Takarmányok vizsgálati módszerei. Debrecen. Egyetemi jegyzet.(0,5)

*A publikációk kumulatív impakt faktora: **3,05**

HIVATKOZÁSOK

1.1. Issa, S. - Wood, M - Pussemier, L - Vanderheyden, V. - Douka, C. - Vizantinopoulos, S. - Györi, Z. - **Borbély, M.** - Kátai, J. (1997): Potential dissipation of atrazine in the soil unsaturated zone: a comparative study in fou countries. Pesticide Science, 50., 99-103. p.(0,8)

1.1.1. Karpouzas, D. G. et al.: Pest. Manag. Sci **57** (1): 72-81 (2001).

1.1.2. Line, D. E. et al.: Water Environ Res.**70** (4): 895-912 (1998).

2.1. Issa, S. - Wood, M - Pussemier, L - Vanderheyden, V. - Douka, C. - Vizantinopoulos, S. - Györi, Z. - **Borbély, M.** - Kátai, J. (1996): Subsurface atrazine degradation : A comparative study in four European Countries. (poster) In Pesticides in Soil and the Environment Abstracts of papers presented at the COST 66 meeting Stratford-upon-Avon UK 13-15 May 1996, p.121-122.

2.1.1. Goux, S. et al.:J. Ind. Microbiol. Biot. 21 (4-5): 254-259 (1998).

4.2. **Borbély, M.** -Nagasaki, Y. -Borbély, J.- Fan, K.- Bhogle, A.- Sevoian, M. (1994): Biosynthesis and Chemical Modification of Poly(g -Glutamic Acid., Polymer Bulletin, **32**, 127-132, (0,85)

4.2.1. V. Cresdenzi: ACS Polymer Preprints, **35**, 407 (1994).

4.2.2. M. Kunioka: Appl. Microbiol. Biotechn., **44**, 501 (1995)

- 4.2.3. V. Cresdenzi: ACS Symp. Ser., **627**, 233 (1996).
- 4.2.4. D. Gonzales: J. Polym Sci. A, **34**, 2019 (1996).
- 4.2.5. K. Fan: J. Env. Polym. Degr., **4**, 253 (1996).
- 4.2.6. M. Kunioka: Appl. Microbiol. Biotechn., **47**, 469 (1997).
- 4.2.7. M. Garciaalvarez: J. Polym Sci. B, **35**, 23799(1997).
- 4.2.8. M. Kunioka: Appl. Polym. Sci. **65**, 1889 (1997).
- 4.2.9. Munoz-Guerra: ACS Polymer Preprints, **39**, 138 (1998).
- 4.2.10. E. C. King: J. Polym Sci. A, **36**, 1995 (1998).
- 4.2.11 G. Perez-Camero et.al.: Biotechn. And Bioeng., **63**,110,(1999).
- 4.2.12. M. Ashinchi: Biochem and Biophys. Res.Com., 263, **6** (1999).
- 4.2.13. J. Melis: Polymer, **42**, 9319 (2001).
- 4.2.14. Shih, I.L.: Biores. Techn. 79 (3) 207 (2001).