

# Növényvédőszer kockázatai

Darvas Béla – Bokán Katalin – Fejes Ágnes – – Maloschik Erik – Székács András

MTA növényvédelmi kutatóintézete

A növényvédelemben alkalmazott hatóanyagok hosszabb-rövidebb ideig a környezetünkben maradnak. A környezetben mérhető felezési idejük (pl. DT50) növekedésével emelkedik annak a potenciális veszélye, hogy hatásuk eléri azokat az életközösségeket, amelyekkel táplálékhálózati kapcsolatba kerülnek. A megmaradó képes vagy perzisztens vegyületek – ahová a POP vegyületek (pl. DDT°)<sup>1</sup> tartoznak – ezért nemkívánatosak a növényvédelem gyakorlatában.

## Környezetkémiai jellemzők

A diagnózishoz a környezetanalitikai vizsgálatokon keresztül vezet az út. Ennek során a környezeti mintákban mérhető szermaradékok kerülnek meghatározásra. Találat esetén lényeges a szennyezés eredete és a kezelés időpontja. A nyomozás eléggé összetett feladat, például a kukorica gyomirtására használt atrazineo és társai a talaj felső rétegében közepes gyorsasággal bomlanak, azonban bemosódás után, az oxigén hiányában, a talajvízben ezek a vegyületek perzisztens módon viselkednek.<sup>2</sup> Kevesek előtt ismert, hogy az atrazineo például nemcsak a Balaton vizéből mutatható ki, de mélyiszapja is tartalmazza azt. Egy hatóanyag szennyező megjelenése szempontjából fontos a határértékkel (MRL) jellemezhető mennyisége, amelyet behatárol a biológiai hatásának megnyilvánulása (vagyis megengedhető napi bevitele: ADI).

## Talajszennyezők

A permetezőszerek kijuttatásakor a készítmény túlnyomó többsége célját tévesztve a talajfelszínre kerül. Permetezés közben az UV sugárzás lebontó hatása a legerőteljesebb. A talajra kerülő hatóanyag erőteljesen kötődhet a talajkolloidokhoz (pl. 2,4-D), illetve a vízoldható vegyületek gyors vagy lassú ütemben a mélyebb rétegekbe mosódhatnak. Az 1968-ban – a világon elsőként Magyarországon – betiltott rovarölő szernek, a DDT°-nek máig mérhető nyomainak találatok talajainkban. A kilencvenes években a megyei növényvédelmi hálózat mintegy 800 minta vizsgálatával azt mutatta

ki, hogy hazai talajainkban a DDT/DDE° maradékainak előfordulása a leggyakoribb. Kis mennyiségben (100-200 ppb) a talajok fele tartalmazza ezeket a szennyezőket. A talajok 20-30%-ából mutatható ki atrazineo (<100 ppb) és 10-20%-ából 2,4-D. Ez utóbbi mennyisége elérheti a 200-600 ppb értéket is. 1999 és 2002 között szántóterületeken végzett saját vizsgálataink a korábbi tapasztalatokat alátámasztották: a talajminták 8-25%-ában fordult elő atrazine.<sup>3</sup> 2005-2008 között főként ökológiai művelésű területek vizsgálata során lényegesen kisebb szennyezettséget találtunk. Azonban még itt is, a mért 250 minta mintegy 20-30%-ából volt <100 ppb mennyiségben kimutatható a DDE°. Hasonló koncentrációban mutatkozott a minták 5-15%-ában a 2000-ben kivont lindane°.<sup>4</sup>

### Vízszenyezők

A kipermetezett szerek egy része elsodródva a felszíni vizekbe kerül, más része közvetlenül a kezelés után nagy mennyiségű csapadék hatására a felszíni vizekbe mosódhat, míg egy további része a talajokra kerülés után elindul a talajvíz felé. A növényvédelmi hálózat 1994-2000 között mintegy kétezer felszíni vízmintát vizsgált meg. Évenként változóan a minták 5-50%-ában talált szermaradékot. A leggyakoribb felszíni vízszenyező az atrazineo (~100 ppt) volt, amit a minták 6%-ából mutattak ki. Egy másik kukorica-gyomirtó, az acetochlor a minták 4%-ából került elő. HCH° és diazinon\* rovarirtókat tartalmazott a minták 3%-a.<sup>5</sup> 2000 és 2004 között hatszáz felszíni vízmintát mértünk meg. A minták 60%-a tartalmazott detektálható mennyiségű hatóanyagot. Kiemelhető közülük a diazinon\*, az atrazineo és az acetochlor. A hajdani növényvédőszer-gyártók telephelyein észleltünk kiemelkedő felszíni vízszenyezettséget.

Balatonfűzfőn (Nitrokémia Ipartelep) például az atrazineo és acetochlor mennyisége az 1-10 ppb szintet is elérte. Másik, szintén kiemelkedően nagy pontszerű szennyezettséget az Észak-agyarországi Vegyiművek körzetében találtunk.<sup>6</sup> 2006-2008 között 115, főként ökológiai művelésű tábla víznyerő helyét vizsgáltuk. A minták 25-80%-ában volt diazinon\* kimutatható (<50 ppt). A minták közel felében atrazineo (<250 ppt) és trifluralin\* (<50 ppt) hatóanyagokat mutattunk ki. Egy 1998-ban elvégzett nyersvíz-/ivóvízvizsgálat szerint az atrazineo-, diazinon\*- és prometryneo-szennyezettség meghaladta azt a szintet, ami az elfogadható ivóvízminőség EU határértéke (100 ppt).<sup>7</sup> A vízszenyezés leginkább a sérülékeny, parti kavicszűrészű

vízbázisokat érintette, s közülük a váci Dunakanyar emelhető ki. 2002-ben visszatértünk ezekre a területekre és acetochlor-szennyezettséget jegyeztünk fel.

Ismert környezeti kockázatú hatóanyag továbbá a glyphosate, melynek előnyeként szokás említeni csekély fennmaradó szermaradék-szintjét. Ez azonban valójában inkább környezetanalitikai nehézséget, semmint előnyt tükröz, mivel a hatóanyagot és bomlástermékét – kiemelkedő vízdoldhatóságuk miatt – kémiai analízissel nehéz detektálni, vagyis szermaradék azért nincs, mert nem tudjuk kimutatni.<sup>8</sup>

### **Környezetbiológiai jellemzők**

Az élőszervezetek által felvett vegyületek sorsa igen változatos lehet. Tekintélyes részük detoxifikálódik, amely során a szervezet enzimszerei metabolizálják ezeket, és vízdoldhatóbb formájuk ürítésre kerül.<sup>9</sup> Egy kisebb csoportjuk képes valamely szövetben feldúsulni és ott hosszabb időre raktározódni. Ezt nevezzük bioakkumulációnak. Azokat a bioakkumulációra hajlamos vegyületeket, amelyek a tápláléklánc mentén fel is dúsulnak, a biomagnifikációra képes csoportba soroljuk.<sup>10</sup>

### **Bioakkumuláció**

Növényvédőszer-hatóanyagok főként lipidgazdag szövetekben gyarapodnak fel. Közülük kiemelhetők a zsírszövet, az emlőmirigy, a gonádok és a csontvelő. A rovarirtóként használt klórozott szénhidrogének (pl. DDT°, dieldrino, lindaneó stb.) tartoznak ebbe a körbe.<sup>11</sup> A feldúsulás helye és a krónikus hatások között könnyű összefüggést találni. Nem véletlen, hogy az ilyen vegyületek a tejjel ürülnek. Az OÉTI felmérései szerint az anyatejben még ma is jelentős mennyiségű DDT° mutatható ki (a tejszírsban 330 ppb), még ha mennyisége az utolsó tíz évben felére is csökkent.<sup>12</sup> 2000-ben került kivonásra az utolsó, bioakkumulációra hajlamos, tejjel ürülő hatóanyagunk, a lindaneó.

### **Biomagnifikáció**

A tápláléklánci feldúsulás ez esetben nem néhányszorosára való növekedést jelent, hanem nagyságrendekkel megnövekedett mennyiségeket. A hajdanán méhkímélő technológiákban alkalmazott camphechloro (= toxapheneó), pl. a fókák szervezetében már milliószoros nagyságrendben van jelen, ha a vegyület(ek) tengervízbeli

mennyiségét tekintjük egységnyinek. Nyilvánvalóan az ilyen vegyületek a csúcsragadozóknál okozzák a legnagyobb problémát. A DDT° kiterjedt alkalmazása miatt

hosszú időre ezért tűntek el hazánkból a nagytestű ragadozó madarak. A vízi üledékek DDT°-szennyezettsége miatt a folyami halak vizsgálata hazánkban még mindig időszerű kérdés.

### **Toxicitási jellemzők**

Egy vegyület toxikológiai jellemzéséhez kulcsadatok a koncentráció/dózis és a kitétség. Utóbbi egyenes következménye a megmaradó képességnek. Betegséghez a krónikus kitétség vezet. Ebben a tekintetben az ivóvíz-szennyezők a legveszélyesebbek, mivel velük (leválthatatlanságuk miatt) a krónikus kitétség állapota valósul meg.

### **Akut toxicitás**

Az akut toxicitás egy vegyület azonnali mérgező hatását mutatja. Minél kisebb egy vegyület LC50 vagy LD50 értéke (a testállatok felének pusztulását kiváltó koncentráció vagy dózis), annál balesetveszélyesebb. Az akut toxicitás mérésére modellállatfajokat választunk. Ezekben belül van néhány hasonlóan reagáló csoport. Az emlősök és madarak általában nagyon hasonlóan reagálnak hatóanyagokra. Rájuk, az idegmérgekre (rovarölő szerek) mutatott kifejezett érzékenység a jellemző. Ezek közül kitüntetett helyet foglalnak el a talajfertőtlenítő szerek, a növényvédelem leginkább balesetveszélyes hatóanyagai. A halakra és a vízi gerinctelen szervezetekre (pl. bolharákok) a piretroidok jelentenek szélsőségesen nagy veszélyt.<sup>13</sup> Paradox megoldás tehát a azai szúnyogirtásban is használt piretroidok köre. A balatoni halpusztulásokban kulcsszerepet játszott a tó közeli piretroidhasználat (szúnyogirtás és növényvédelem).<sup>14, 15</sup>

Csekély azoknak a hatóanyagoknak a száma, amelyeket hasznos gerincteleneken (ragadozók, parazitoidok, gilisztafélék) kellően megvizsgáltak, így kérdőjel kerül az ún. integrált védelemre használt hatóanyagok egy része mellé, amely például egy hatóanyag vízszennyező-képességével nem is kalkulál.

## **Krónikus toxicitás**

A krónikus hatások szubletális dózisban és hosszú kitettség során mutatkoznak meg. Felismerésük korántsem könnyű. Követő és visszatekintő tanulmányokat igényelnek. Igen gyakori, hogy egy hatóanyag kivonását ennek a hatásnak a felismerése váltja ki.

**Mutagenitás.** Amennyiben egy vegyület valamilyen úton az örökítő rendszer megváltozását váltja ki, azt mutagének nevezzük. Egy anyag lehet közvetlen (direkt) mutagén, és lehet promutagén, amikor a vegyületből a szervezet enzimek készítik el az aktív változatot. A mutagenitás mérésére sokféle teszt szolgál, közülük az Ames-teszt csoportja a legszélesebb körben használt.<sup>16</sup> Míg tíz éve százharminc olyan növényvédőszer-hatóanyagot használhatunk fel termelési célból, amely valamely tesztrendszerben mutagének minősíthető, az ilyen hatású hatóanyagok száma ma már harminchoz közelít.<sup>17</sup> Az örökítő anyag megváltoztatása számos következménnyel járhat. Gyakori, hogy végzetes betegségek kialakulását alapozza meg a mutagenitás. A még felhasználható jelentősebb mutagén hatóanyagok: 2,4-D, acetochlor, alachlor\*, aldicarb, deltamethrin, dichlorvos\*, dimethoate, folpet, malathion\* és trifluralin\*.<sup>18</sup>

**Karcinogenitás.** A kémiai karcinogenezis modelljében általában több egymást követő, egymásra épülő mutáción keresztül vezet az út. Ezért sokan közvetlen kapcsolatot látnak a mutagenitás és karcinogenitás között. Tény, hogy még optimista becslők szerint is a mutagén vegyületek 60%-áról derül ki később, hogy egyidejűleg karcinogén is. Megnyugtató lehetne, hogy az IARC (a WHO Nemzetközi Rákkutatási Ügynöksége) kimutatásai egyetlen olyan hatóanyagot sem tartanak nyilván a növényvédő szerek között, amely emberen bizonyosan rákkeltő. Sajnos azonban azt is bizonyosan állítja ez az adatbázis, hogy a növényvédő szerekkel közvetlenül dolgozó emberek rosszindulatú megbetegedése (tüdőrák, leukémia, limfóma, mielóma stb.) jelentősebb. A tartós kitettség különösen jellemző a méregraktár-kezelőkre, a permetező szerek bekeverését végzőkre és a védőfelszerelések nélkül permetezőkre. Az elszennyezett ruha szerepe ezek közül kiemelkedő. Hozzá kell azt is tennünk, hogy az állatkísérletekben bizonyosan rákkeltő hatóanyagok száma jelentős.<sup>19</sup> Ezeket a vegyületeket éppen most vonja ki fokozatosan az EU a növénytermesztés gyakorlatából.

A fejes saláta 2008-as hazai botrányában kulcsszerepet játszó chlorothalonil például állatkísérletekben bizonyosan rákkeltő. Az engedély nélkül használt gombaölő szerből a maximálisan elfogadott maradékérték (MRL) több mint kétszázszorosát mérték a barcsi termelő árujában. A még termelési célra használható állatkarcinogén (IARC kód:

2B) hatóanyagok: 2,4-D, chlorothalonil és dichlorvos\*. A dichlorvos\*-ra jellemző specialitás, hogy hosszú ideig - főként Csongrád és Békés megyében - a településekre szórták szúnyogirtás ürügyén.

**Teratogenitás.** A teratogenitásra jellemző a torzfejlődést. Ez emlősök esetében ez még a méhen belüli fejlődés időszakában következik be. Enyhébb tünetei a hasadt szájpad, a nyúlszáj vagy a bordák számának változása. Súlyos, sokszor halálos tünete a nyitott gerincoszlop a születéskor. A teratogenitást ma meglehetősen fajspecifikus hatásként kezelik. Így az egy fajon teratogénnek bizonyult vegyület még nem vonja feltétlenül maga után a tiltást. Több, nem rokon fajon tapasztalt torzképződés viszont már súlyos figyelmeztetés.<sup>20</sup> A még növényvédelmi célra felhasználható teratogén hatóanyag a 2,4-D és a malathion\*.

**Hormonmoduláns hatás.** A hormonmoduláns vegyületek a szexszteroidhormonok (ösztrogén, tesztoszteron) területén okoznak általában agonista típusú hatásokat. A legtöbb vegyület a receptorhelyet képes elfoglalni és azon jelet továbbítani. A hatóanyagok közül kiemelkedő a triazin-herbicidek hatása, amelyek közül az atrazineo – gen csekély koncentrációban (100 ng/l) – a genetikailag hímnek született békák hermafrodita fejlődését képes kiváltani. A hazai felszíni vizeink legalább 10%-a szennyezett olyan mértékben atrazineo hatóanyaggal, hogy az ebihalak hermafrodita fejlődése realitássá válik.<sup>21</sup> A kételtűek kiemelkedő hormonális érzékenysége valószínűleg összefüggésbe hozható azzal, hogy szinte minden fajuk veszélyeztetett és így védett. A még a növényvédelemben felhasználható hormonmoduláns hatóanyagok: 2,4-D, alachlor\*, aldicarb, cypermethrin, malathion\*, metiram és trifluralin\*.

**Immunmoduláns hatás.** Az immunrendszer rendkívül plasztikusan reagál a környezetünkre. Az immunrendszer több egyidejű paraméterének változása esetén beszélünk immunsztatikus hatásról, ami a védekező rendszer kóros gyöngülését jelenti, vagy felfokozott állapotáról, amelynek ismert formája az allergia.<sup>22</sup> Az Egyesült Államok kukoricaövezetében, ahol az atrazineo ivóvízben való megjelenése súlyos gond, ez idézi elő a koraszülések számának növekedését, a születési súlyok csökkenését és a csecsemőkori megbetegedések számának számottevő emelkedését. Súlyosan gátoltnak találták a gyapotföldek (legjobban kemizált szántóföldi kultúra) körzetében élő és az eszkimó (az északi félteke „csúcsragadozóí”) gyerekek immunrendszerét. A még felhasználható, jelentős mértékben immunmoduláns hatóanyagok: 2,4-D, cypermethrin, dichlorvos\* és dimethoate.

## A jelenlegi hatóanyagok megítélése

A legsúlyosabb környezet-egészségügyi nehézségeket jelentő nehézfémekre (arzén) és klórozott szénhidrogénekre (DDT°, dieldrino) épülő növényvédelmi eljárásokat a hetvenes évekig kivonták a gyakorlatból. Ennél tovább kellett várni a higanytartalmú csávázók és néhány klórozott szénhidrogén esetében (camphechloro, lindaneo). Az atrazineo és körének kivonására pedig az EU tagországai közül az utolsóként kerítettünk sort.

A tíz évvel ezelőtti hazai számbavétel során közel száz hatóanyag tiltását javasoltuk, azonban a felelős hatóságok semmit sem tettek ebben az ügyben.<sup>23</sup> Az Európai Unióhoz való csatlakozás után, közösségi nyomásra korszerűsítették a hazai hatóanyag-választékot. Jól érzékelteti ezt az engedélyezett hatóanyagok számának változása, amely az EU-csatlakozásig – pl. a skandináv országokhoz képest – az ökotoxikológiai kritikára érzéketlennek minősíthető. Ma is akadnak olyan korszerűtlen szemléletű szervezetek, melyek a jelenlegi EU-szigort – ami valamennyiünk egészsége érdekében üdvözlendő – eltúlzott üteműnek tartják, és gazdasági csoportérdekeik alapján akadályozni igyekeznek. Az élelmiszer ma bizalmi termék. Hazánknak választani kell aközött, hogy korszerű eszközökkel minőségi terméket állít elő, amelyet a fizetőképes piacokon értékesíteni tud, vagy korszerűtlen eszközökkel dömpingárut termel, ami ma haszonnal nem adható el az EU piacain. E döntés jelentős összetevője a felhasznált hatóanyagok köre és azok alkalmazási fegyelme. Hazánkban a fejes saláta és a hajtattott primőrök területe az, ahol a szermaradék rendszeres gondokat okoz.<sup>24</sup>

## Jelmagyarázat:

<sup>1</sup> A °-val jelölt hatóanyagok hazánkban nem használhatók növényvédelmi célra.

<sup>2</sup> Székács A. és Darvas B. 269-277. old. In. Darvas B. és Székács A. (szerk.) (2006), Mezőgazdasági ökotoxikológia. L'Harmattan, Budapest

<sup>3</sup> Oldal B. és mtsi (2006) Geoderma, 135: 163-178.

<sup>4</sup> Székács A. és mtsi (2008) Környezetvédelem, 16 (6): 14-15.

<sup>5</sup> Károly G. és mtsi (2001) Növényvédelem, 37: 539-545.

<sup>6</sup> Maloschik E. és mtsi (2007) Microchem. J., 85: 88-97.

<sup>7</sup> Kárpáti Z. és mtsi (1998) Egészségtudomány, 42: 143-152.

<sup>8</sup> Székács A. (2006) 109. old. In. 1.

- [9](#) Darvas B. (1990) *Növényvédelem*, 26: 49-63.
- [10](#) Darvas B. (2006) 294-303. old. In. 1.
- [11](#) Darvas B. (2000) *Virágot Oikosnak. l'Harmattan*, Budapest
- [12](#) Griff T. és mtsi (2007) <http://efrira1.antsz.hu/oeti/kredit/tanfolyam20071002/4grifftamas.pdf>
- [13](#) Csillik B. et al. (2000) *Neurotoxicology*, 21: 343-352.
- [14](#) Bálint T. et al. (1997) *Ecotoxicology & Environmental Safety*, 37: 17-23.
- [15](#) Nemcsók J. et al. (1999) *Acta Biologica Hungarica*, 50: 161-173.
- [16](#) Darvas B. (2006) 158-169. old. In. 1.
- [17](#) Bokán K. és mtsi (2009) *Növényvédelem* (in press)
- [18](#) A \*-gal jelzett hatóanyagok kivonásra kerültek, azonban a raktári készletek még felhasználhatók.
- [19](#) Tompa A. és Darvas B. (2006) 190-196. old. In. 1.
- [20](#) Darvas B. (2006) 224-227. old. In. 1.
- [21](#) Darvas B. és mtsi (2006) 232-245. old. In. 1.
- [22](#) Instítóris L. és Dési I. (2006) 254-262 old. In. 1.
- [23](#) Darvas B. (1999) 15-48. old. In. Polgár A. L. (szerk.) *A biológiai növényvédelem és helyzete Magyarországon*. OMFB
- [24](#) Darvas B. és Székács A. (2006) 278-287. old. In. 1.