

A kerecsensólyom (*Falco cherrug*) tojás és elhalt embrió peszticid terhelésének vizsgálata az elmúlt 25 év távlatában

Dudás Miklós
dudasm1@yahoo.com

Az elmúlt 200 év ipari és társadalmi fejlődése következtében az emberiség egyre több és több vegyületet állíthatott „szolgálatába”, ezek között mind nagyobb számban biológiailag aktívakat is. Számos olyan szintetikus, szerves vegyület is alkalmazásra került, melyek a természetes környezetünkben nem fordulnak elő, és ezek bekapcsolódva a biológiai folyamatokba, ott lebomlani rendkívül hosszú idő elteltével tudnak csak. Sajnos a bioaktív vegyületek alkalmazása olyan méretűvé vált, hogy napjainkban a környezetünk kemizálása főleg a mezőgazdaságban, de közvetlen lakókörnyezetünkben is, „modern” életünk egyik jellemzőjévé vált. Ennek egyenes ágú következménye az élővilág új, biológiailag aktív anyagokkal való túlterhelése (Virág 1981).

Magyarországon növényvédő szereket (peszticidek) nagyobb mennyiségekben az 1960-as évektől állítanak elő. A környezetterhelés mértékének megítélése szempontjából igen fontos az egységnyi területre juttatott növényvédőszer-hatóanyag mennyisége. A mezőgazdasági kemizáció környezeti sajátosságaival kapcsolatban megállapítható, hogy az élőlényekre és azok életfolyamataira vonatkozó biológiai alapismereteink ma még eléggé hiányosak. Az egyes növényvédő szerek hatásmechanizmusának alapos ismerete nélkül az élő környezetre gyakorolt hatása is nehezen bírálható objektíven, és így az esetlegesen jelentkező negatív hatások elkerülésének módjai sem határozhatóak meg egyértelműen.

Az elmúlt évtizedekben számtalan növényvédőszerről bebizonyosodott, hogy az élő szervezetek szöveteibe került hatóanyagok feldúsulnak (bioakkumuláció). A környezetanalitika egzakt módon bizonyította, hogy pl. a DDT (diklór-difenil-triklóretán) felezési ideje évtizedekben mérhető. Ezek az ún. perzisztens (tartós fennmaradású) vegyületek, amelyek nehezen bomlanak az élő környezetben, vagy az anyagcsere folyamatok során keletkező bomlástermékeik (metabolitok) még aktívabb negatív élettani hatást fejtenek ki. A kilencvenes években a megyei növényvédelmi hálózat analitikai vizsgálataival kimutatta, hogy a hazai, elsősorban mezőgazdaságilag művelt talajainkban a DDT/DDE szermaradékainak előfordulása a leggyakoribb. Kis mennyiségben (~100-200 ppb) a talajok 40-50 %-a tartalmazza ezeket a vegyületeket. Hasonló koncentrációban mutatkozott a 2000-ben kivont lindane (γ -HCH –hexaklór-ciklohexán) is ezekben a talajokban. Ugyanez a helyzet az egyes nehézfémek (higany, ólom, stb.) környezetünkben való feldúsulása esetén is. Ezek a vegyületek is rendkívül toxikusak az élő szervezetekre (Bakács 1977).

A táplálékláncon haladva a piramis csúcsán lévő fajok a leginkább veszélyeztetettek, mert a szermaradékok feldúsulása (biomagnifikáció) itt a legerősebb. A természetvédelmi kutatások az adott esetben a ritka, védett, veszélyeztetett ragadozó madarakra helyezte a fő hangsúlyt, s mint indikátor fajokat vizsgálta. Ezek közül is az egyik globálisan veszélyeztetett, fokozottan védett madarunkra, a kerecsen sólyomra terelődött a figyelem, mely hazánkban a 1970-es évek végére 30 pár alá csökkent.

Ezen faj elterjedési területének legnyugatibb határa éppen a Kárpát-medence, így hazánk természetvédelmi szakembereinek kiemelkedően fontos szerepe van e nemes, gyors röptű sólyomfajnak a védelmében. Ennek indokoltságát még az is fokozza, hogy a magyarság eredetmondájában, a Turul legendájában a kerecsensólyommal, mint szakrális lényvel azonosították ezt a ragadozó madarat, amely elvezette őseinket a Kárpát-medencébe. Az elmúlt 25 év aktív védelmének köszönhetően a fészkelő párok száma öröndetesen gyarapodott.



A kerecsensólyom röpképe (Fotó: Balázs I.)

A különböző veszélyforrások között azonban, felmerült annak a gyanúja is, hogy a korábbi állományok csökkenésében az egyes növényvédő szereknek, amelyek jelentős részét ugyan már kivonták a forgalomból, de mégis hatással voltak és vannak még napjainkban is a populáció nagyságára. A környezetbe kijutatott peszticidek (növényvédőszer) közvetett úton, az egyes zsákmányállatokon (galambkakatúak, rágcsálók stb.) keresztül, kerülhetnek a sólymok szervezetébe (Dudás 2009).

Az 1980-as évek elején elkezdődött a kerecsensólyom országos állományfelmérése és aktív védelme, így lehetőség adódott néhány begyűjtött, ki nem kelt tojás, ill. elhalt embrió analitikai vizsgálatára. Természetesen már akkor is behatárolták a szerény anyagi lehetőségek a begyűjtendő mintaszámot. Szerencsére tőlünk függetlenül ugyanebben az időszakokban, Szlovákiában és Csehországban is végeztek hasonló analíziseket kerecsensólyom tojásokkal, ami érdekes összehasonlítási alapot adhatott az értékelésnél.

Egy hosszabb időintervallumban 1978-tól 1996-ig végezték el, a begyűjtött tojások (19 db) analitikai vizsgálatát (Vojtěch 1996). (lásd 1. táblázat)

1. táblázat

Minta/db Tojás	HCB mg/kg	α HCH mg/kg	μ HCH mg/kg	DDT mg/kg	PCB mg/kg	DDE mg/kg
A	9.4	-	-	-	-	18.8
A	2.180	-	-	-	2.231	7.370
A	1.364	D	0.118	-	D	-
A	5.990	-	-	-	2.289	18.42
A	0.292	-	-	-	0.782	9.784
A	1.740	0.016	0.063	D	-	2.510
A	0.520	D	0.016	D	-	1.390
A	0.04	-	-	0.03	-	3.10
A	0.05	-	-	0.12	-	1.59
A	0.18	-	-	0.12	-	1.37
A1	0.02	0.00	-	-	0.10	-
A	0.94	-	0.01	-	2.16	-
A2	-	-	-	4.44	8.42	-
A	-	-	-	-	0.24	-
A	-	-	-	-	0.48	-

D (nyomokban, nem mérhető mennyiségben található)

A (1 db tojás egy fészekaljából)

A1 (4 db tojás egy fészekaljából, kevert minta)

A2 (3 db tojás egy fészekaljából, kevert minta)

A vizsgálatból egyértelműen az derül ki, hogy a DDT egyik metabolitja (bomlásterméke) (DDE) még jelentős mennyiségben volt jelen a tojásokban.

Hazánkban az 1984-es fészkelési szezonban, egyes fészkekben talált terméketlen vagy embrióval elhalt tojások nehéz-fémre (elsősorban higany és ólom vegyületekre) és klórozott szénhidrogén típusú peszticidekre lettek megvizsgálva, abban az időben legmodernebbnek számított gázkromatográfiás módszerrel. Az egyes folyamatosan őrzött és kontrollált fészkekből sikerült néhány ki nem kelt tojást összegyűjteni és azokat analizáltatni (lásd 2. táblázat).

2. táblázat

A szervesetlen és az összes higany mennyisége s kerecsensólyom tojásában és embriójában mg/kg száraz anyag (1984).

Minta jelzése	szervesetlen Hg.	Összes Hg.
Tojáshéj (BNP- Bánvölgy)	0,210	0,275
Tojáshéj (Tarnalelesz)	0,105	0,138
Tojáshéj (Tarnalelesz)	0,072	0,692
Egésztojás (Tarnalelesz)	0,139	0,275
Egésztojás Tarnalelesz)	0,000	0,692
Embrió (BNP-Gerennavár)	0,000	0,413

3. táblázat

A klórozott szénhidrogén típusú peszticidek mennyisége a kerecsensólyom tojásában és embriójában mg/kg száraz anyag (1984).

Komponens	Tojás	Embrió
alfa-HCH	0,000	0,014
gamma-HCH	0,000	0,052
béta-HCH	0,035	0,164
delta-HCH	0,000	0,000
Heptaklór	0,000	0,000
Aldrin	0,000	0,000
Dieldrin	0,000	0,000
P, p' DDE	12,800	19,700
O, p' TDE	0,000	0,000
P, p' TDE	0,000	1,260
P p' DDT	0,000	0,000

A hazai vizsgálati eredményeket összehasonlítva a külföldiekkel egyértelműen az tűnik ki, hogy itt is a DDE mint bomlástermék kimagasló értékben volt jelen a tojásokban és az embrióban. Az eredmények azért figyelemre méltóak, mert a vizsgálatok egymástól függetlenül, közel azonos időintervallumban és viszonylag nagy távolságokra történtek. Vagyis a környezet peszticid terhelése abban az időszakban jelentős volt, a mérhető mennyiségeket figyelembe véve még általánosan szennyezettek voltak ezek a térségek.

Az ezredfordulót követő években újra lehetőség adódott, hogy a 25 évvel korábbi vizsgálatokat hasonló szerény anyagi lehetőségekkel megismételhesse a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság. Természetesen már nem azokból a sziklai fészkekből (Bükk Nemzeti Park területéről) lettek begyűjtve a tojásminták, mert időközben az Alföldre lehúzó kerecsensólyom állománya egyetlen párban sem költ már a korábban használt sziklai fészkelő helyeken hazánkban.

A tojásminták 2008-as és a 2009-es szaporodási ciklus végén lettek begyűjtve, a Hortobágyról, a Dél-Nyírségből és a Bihari-síkról, összesen nyolc fészkekből 11 db tojás. A fészkekből gyűjtött, többtojásos fészkealjok esetén azok mintaként szerepeltek a vizsgálat során (Dudás 2009).



Kerecsensólyom fióka 3 terméketlen tojás társaságában (Fotó: Balázs I.)

4. táblázat

Sorszám Komponens	1.(mg/kg) Tojáshéj	2.(mg/kg) tojáshéj	3.(mg/kg) tojás	4.(mg/kg) Tojás	5.(mg/kg) tojás+embr.	6.(mg/kg) tojás+embr.	7.(mg/kg) Tojás	8.(mg/kg) tojás
α -HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptaklór	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
δ -HCH	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aldrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Heptaklór- epoxid	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p,p-DDE	0,01	0,07	0,1	0,17	0,06	0,09	0,2	0,009
Dieldrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Endrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p,p-DDD	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	<0,001
B- endoszulfán	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
p,p-DDT	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Metoxiklór	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Higany	<0,10	<0,10	0,13	0,11	<0,10	0,17	0,16	0,28
Ólom	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0

A kapott adatokat összehasonlítva kitűnik, hogy a DDE lényegesen kisebb mennyiségekben volt jelen, mint a 25 évvel korábban mért mintákban. Ezek az adatsorok természetesen csak tájékoztató jellegűek. A kevés számú minta bármiféle végkövetkeztetés levonására nem igazán alkalmas. Elegendő lehet viszont arra vonatkozóan, hogy a figyelem középpontjában maradjon ez az általánosan jelenlévő probléma is.

A szerveshigany tartalmú csávázó szerek (fungicidek) használatát az 1970-es évek végén tiltották be hazánkban, ennek ellenére még mindig kimutatható mennyiségekben volt jelen a mintákban. Jellemző tulajdonságuk az erős perzisztencia (ellenálló képesség), vagyis a környezetbe kijutva rendkívül lassan bomlanak le (Ion, Alexandru 1980). A táplálékláncban, az élő szervezetekben felhalmozódik (kumulálódik), s ahogy a tápláléklánc csúcsa felé halad, egyre koncentráltabban jelentkezik a méreghatás (biomagnifikáció). A hatásmechanizmusa, hogy a -SH gyököt tartalmazó enzimek működését gátolja. A felszívódást követően főként az idegrendszert és a vesét károsítják, a sejtek elhalását okozzák. Használatuk kizárólag vetőmagcsávázásra (kukorica, búza stb.) volt korlátozva (Vécsey, Loch 1973). Az agrárterületekre kijáró házigalambok és a különböző ott táplálkozó más galambfajok (örvös, kék, balkáni gerle, vadgerle, stb.) szervezetében felhalmozódó higanyvegyületek később bejuthatnak a kerecsensólymokéba az elfogyasztott zsákmányállatokon keresztül.

Hasonló a helyzet az ólom esetén is, a gépjárművek kipufogó gázaiból (ólmozott benzin), akkumulátorok ólomcelláiból, sőt a vadászfegyverek ólomsörétjeiből is tetemes mennyiségben jutnak ki a környezetünkbe (Kelemen 2008). A tünete vérszegénység, a hemoglobin bioszintézisében több enzim működését gátolja, valamint az ingervezetésben is zavart okoz. 1984-ben a Bükki Nemzeti Parkban az egyik sziklai fészekből származó kelés közben elpusztult embrió májában 0,68 mg/kg ólomszennyeződést mutattak ki.

A másik problémás szercsoport a klórozott szénhidrogén inszekticidek (rovarölőszerek), ugyancsak rendkívül perzisztensek, a környezetben lassan, évtizedek alatt bomlanak csak le.

A táplálékláncban feldúsulnak, főleg a zsírszövetekben raktározódnak el. Magyarországon 1968-óta tilos felhasználni a DDT, technikai γ -HCH, aldrin, dieldrin és ezekhez hasonló tartalmú szerformákat.

Ezek a szerek kifejezetten mérgező, zsíroldékony tulajdonsága miatt elsősorban a központi idegrendszert károsítják. A magas zsírtartalmú szervek (máj, vese) működésében is zavarokat idéznek elő. A szívizom adrenalin érzékenységét is növelik (Kemény 2008). Ezek a lassú lebomlású és bioakkumulációra képes inszekticidek napjainkban is, a rovarevő madarakban (seregély, rigófélék, pacsirtafélék stb.) felhalmozódva bekerülhetnek a kerecsensólymok szervezetébe is.

Így a ragadozó madarak nem csak letális, hanem szubletális károsodást is szenvedhetnek. Ilyen problémákra derítettek fényt külföldi kutatók, amikor megállapították, hogy a madarak szervezetében bekerült klórozott szénhidrogének a kalcium-anyagcserét megzavarják. Valószínűnek tartják, hogy a karbonhidráz enzim működését befolyásolják, ennek következtében a tojások héja vékonyabbá válik, ezáltal törékenyebb lesz, mint normális állapotban. A zsírszövetben elraktározott mérgeanyagok közvetlenül akkor fejtik ki hatásukat, amikor pl. hosszan tartó zord időjárás esetén több napon keresztül az egyed képtelen zsákmányolni, s a madár szervezete vésztartalékként a felhalmozott testzsírszöveget él fel.

Nem ismert igazán az a folyamat, hogy ezek a szermaradványok a sólymok testében milyen mértékben csökkentik le az immunrendszer védekezőképességét (pl. a T-limfociták számát), s egy addig közömbös mikroorganizmus esetleg másodlagosan hogyan válhat patogénné a madár szervezetében (Várnagy 1992).

Érdekes lenne ezeket az alapvizsgálatokat több éven keresztül is megismételni, mert több mint 20-25 év eltelte után is még mindig jelen vannak bizonyos mértékben ezek a peszticidek a sólymok szervezetében, s figyelemmel kellene kísérni az esetleges változásokat. Annak ellenére, hogy hazánkban 1968-óta betiltották a DDT használatát, mind a mai napig vannak klórozott szénhidrogén tartalmú szerek (Thionex 50WP, Thiodan35EC és Thionex 35 EC, stb.), de ezek már endoszulfán hatóanyagúak. A jelenleg forgalomban lévő szerek már kisebb mértékben perzisztensek, kevésbé kumulálódnak, s mérsékelten halmozódnak fel a táplálékláncban (Szabadi 2002).



Különböző fészkekből gyűjtött terméketlen kerecsentojások (Fotó: Balázs I.)

Ezeket a folyamatokat azért lenne érdemes tovább kutatni, mert évente újabb peszticidek kerülnek forgalomba, és a növényvédő szerek által előidézett mérgezések ismeretén kívül nagyon fontos lenne tudni azt is, hogy a szervezetben felhalmozódott szermaradékok milyen hatással vannak az egyes ragadozó madár fajok általános egészségi állapotára és szaporodó képességére. Már eddig is számos vegyületről ismertté vált, hogy torzképző (teratogén), továbbá a szervezet természetes védekező képességét csökkenti, (immunmoduláns). Sajnálatos tény, hogy néhány éve szüntették meg az egyetlen hazai akkreditált toxikológiai labort (Fácánkert Természet- és Vadvédelmi Állomás), ahol komoly kutatások, laboratóriumi tesztelések folytak az egyes növényvédő szerekkel, és indokolt esetben a forgalomból való kivonásukat is kezdeményezhették (Zaják, Szilágyi 1994).

A hazai kerecsensólyom állomány, az elmúlt évtizedekben lehúzódott az alföldi régiókba, s így az intenzív mezőgazdasági területeken élő párok mérgeződési lehetősége arányosan nő a növényvédő szerrel kezelt területeken eltöltött idővel. Az elmúlt évek kutatásai arra is fényt derítettek, hogy a fiatal sólymok a kóborlásaik alatt eljutnak Észak – Afrika, Egyiptom, Líbia stb. térségeibe s itt még számtalan olyan peszticedet használnak, amit már Európa szerte betiltottak.

Természetesen most, ebben az időintervallumban, amikor még mindig növekszik a fészkelő kerecsensólyom hazai állománya, elhanyagolható faktorként kezeli a szakma ezt a problémát. A mezőgazdasági területeken élő egyedek peszticid terhelése nyilvánvaló, ugyanis a zsákmányállataikon (mezei pocok, hörcsög, parlagi galambok stb.) keresztül folyamatosan ki vannak téve ezeknek a veszélyforrásoknak. A különböző vegyületek együttes hatása (szinergista) számtalan esetben nagyobb toxikus hatást fejt ki, mint külön-külön.

Senki nem tudhatja előre megjósolni, még ha a sólymok egyedi érzékenységét figyelembe vesszük is, hogy a jelenlegi állománynövekedést nem fogja-e néhány évtized múlva egy hirtelen összeomlás követni. Ezért ezeket, az alapkutatásokat mindenképpen szorgalmazni kellene a témával foglalkozó szakembereknek a jövőben is, hogy a megfelelő szakmai ismeretek birtokában tudjanak majd esetlegesen ellenlépéseket tenni a veszélyeztetett ragadozó madár fajok védelme érdekében.

IRODALOM

- DUDÁS, M. 2009. Méreg a tojásban Élet és Tudomány LXIV. évfolyam 50.szám 1584-1586 pp
- DUDÁS, M. 2012. A kerecsensólyom (*Falco cherrugh*) tojás, elhalt embrió peszticid terhelésének és patogén szervezetek jelenlétének vizsgálata. *Calandrella* XV. 215-222 pp
- BAKÁCS, T. 1977. Környezetvédelem
Medicina Könyvkiadó, Budapest, 86-88, 119-144 pp
- GÁL, J., BAGYURA J., BEREGI A., MAROSÁN, M., IRHÁZI, Zs.,
KARDOS, K., RADVÁNYI, Sz., 2007. A magyarországi kerecsensólyom- (*Falco cherrug*) fészkekben talált tojások vizsgálata
Magyar Állatorvosok lapja 2007/6 129. 371-375 pp
- ION, C., ALEXANDRU, I. 1980. Mezőgazdasági Termelés és Környezetvédelem

Mezőgazdasági Kiadó, 96-97 pp

- KEMÉNY, A. 2008. Környezetvédelem :Fagyűrő talaj- és vízszennyezők: DDT, DDE, atrazine...
Ökológiai, környezettechnológiai és környezetstratégiai szaklap
XVI. évfolyam 14-15 pp
- KELEMEN, B. 2008. A Tiszántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség illetékességi területének környezeti állapota 2007. (kiadvány) Debrecen, 14 pp
- SZABADI, G. 2002. Növényvédő-szerek, Természnövelő anyagok (kiadvány)
Dabas, 36-57 pp
- VIRÁG, Á. 1981. A mezőgazdasági kemizálás környezetvédelmi összefüggései
Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 119-151 pp
- VÉCSEY, T., LOCH J. 1973. Növényvédelmi kémia (jegyzet)
Debrecen, 25-32 pp
- VÁRNAGY, L. 1992. Agrárkémiai higiéné (kari jegyzet)
Keszthely, 20-30 pp
- VOJTĚCH, M. 1996. Ústav ekologie krajiny AV ČR. Květná 8, 603 65 Brno. Czech Republik, 5-8 pp
- ZAJÁK, Á., SZILÁGYI K. 1994. A mezei pocok invázió és a védekezési lehetőségei
Növényvédelem 30. évfolyam 12. szám 557-561 pp

Summary

In Hungary, pesticides are produced since the 1960's. However, the knowledge about the effect of the agricultural chemicals on the biota is still insufficient. Without adequate knowledge about the effect of pesticides, it is difficult to detect the side effects of pesticides on the biota and it is also difficult to avoid these effects. In the 1990's the Hungarian plant protection institute network showed that the presence of residual DDT/DDE is common in the soil of the agricultural lands in the country. 40-50% of this soil samples contained residual DDT/DDE in small quantities (ca. 100-200 ppb). The same concentration of the residual γ -HCH (lindane) was shown in the same soils. Similar trends were found by some heavy metals (lead, mercury). During the process of biomagnification, the concentration of these compounds increases in the food chain. This process mostly endangers the species on the highest level of the food chain. International conservation studies focused mainly on endangered raptors as indicator species. In Hungary, such studies focused only – due to the lack of financial background – on one of the globally endangered raptors. This species was the saker falcon (*Falco cherrug*), with only 30 breeding pairs in Hungary back in the 1970's. Recently, the growing saker falcon population moved to the Hungarian lowland areas from the mountainous areas. With this shift, the potential risk of the interaction between agricultural chemicals and breeding pairs of the saker falcon has grown. The effect of

pesticides on raptors through their prey (such as common vole (*Microtus arvalis*), European hamster (*Cricetus cricetus*), rock/domestic pigeon (*Columba livia /domestica/*)) and through biomagnification is continuous. Different pesticides could have a higher toxic effect if they occur together (synergistic effect).

Nowadays, it is unpredictable, how the population dynamics of the saker falcon will tend in Hungary, however, a rapid population decline cannot be excluded. Fundamental research should be supported to prevent negative population trends and to fill the gaps in the knowledge of the effect of pesticides on raptors. The effect of pesticides on raptors through their prey (such as common vole (*Microtus arvalis*), European hamster (*Cricetus cricetus*), rock/domestic pigeon (*Columba livia /domestica/*)) and through biomagnification is continuous. Different pesticides could have a higher toxic effect if they occur together (synergistic effect).