

Imisie fluórového a magnezitového typu ako nový ekologický faktor vývoja hmyzu

Vznikom a vývojom ľudskej spoločnosti sa v biosfére vytvorila nová transformačná sila, ktorá sa prejavuje vo vytvorení nových foriem látkovej a energetickej premeny medzi spoločnosťou a prírodou. Tieto transformácie sú také veľké, že zachovanie súčasného geofondu rastlín a živočíchov môže byť limitované aj objemom prírodného prostredia, schopného prijať určité zaťaženie bez toho, aby biosféra mohla premieňať produkty hospodárskej činnosti človeka bez poškodenia. Na tomto stave sa zúčastňujú aj priemyselné imisie – cudzorodé látky emitované do životného prostredia. Ich koncentrácia sa zvyšuje rýchlosťou neúmernou transformačnej kapacity prírody. V ekosystémoch putujú tieto látky od jedného článku trofického reťaze k druhému, pričom často nenastáva biologické zväčšovanie ich účinku. V konečnom dôsledku ohrozujú reprodukovateľnosť biotických zdrojov narušaním biologických, najmä reprodukčných procesov, intoxikáciou živých organizmov.

Súčasnú nadmernú zaťaženie biosféry cudzorodými látkami dalo impulz aj na štúdium pozadia týchto elementov, a to nielen v súvislosti so zdravím človeka, ale aj s ďalšími zložkami ekosystémov, živočchy nevnímajú. Kým údaje o vplyve týchto látok na tvorbu fytohmoty kultúrnych rastlín, lesných drevín, hospodárskych zvierat, ale aj na iné úžitkové a voľne žijúce vyššie živočchy sa rozširujú, údaje o ich vplyve na článkonožce buď chýbajú, alebo sú veľmi zriedkavé. Je to škoda, pretože hmyz, vzhľadom na krátku dobu vývoja, vysokú reprodukciu, rýchlejšie striedanie generácií, pri veľkom počte jedincov v danej populácii a jednoduchšom chove, resp. chovnom zariadení, môže poskytnúť údaje o vplyve priemyselných imisí na živočíšny organizmus rýchlejšie a v porovnaní s vyššími živočchmi často aj s rovnakou výpovednou hodnotou.

V tejto súvislosti a v súlade s imisnou situáciou na Slovensku podujali sme sa preskúmať v laboratórnych podmienkach vplyv priemyselných imisí fluórového a magnezitového typu na vývoj modelových druhov hmyzu: siatice oziminovej (*Scotia segetum* Den. et. Schiff.), mory kapustovej (*Mamestra brassicae* L.), pásavky zemiakovej (*Leptinotarsa decemlineata* Say), a roztočca chmelového (*Tetranychus urticae* Koch). Pri každej látke sledujeme dávky letálnej toxicity (LD_{50}) a v kontinuálnych chovoch siatice oziminovej udržiavaných na polosyntetickej potrave aj ich vplyv na životné prejavy postembryonálnych vývojových štádií. Na intoxikáciu potravy sme použili vodné roztoky fluoridu sodného (NaF) a magnezitové úlety zo závodu Jelšava s obsahom 88,5 % MgO. Na základe získaných výsledkov hľadáme súvislosti medzi už známymi alebo predpokladanými zásahmi týchto látok do metabolických procesov a zistenými zmenami v životných prejavoch pokusného hmyzu a hodnotíme dopad imisnej situácie na vývoj a početnosť hmyzu v prírodných podmienkach.

Fluór

Z výsledkov skríningových testov na biologickú účinnosť fluoridového iónu na modelové druhy hmyzu (tab. 1) vyplýva, že toxicita NaF, resp. fluoridového aniónu pre jednotlivé druhy hmyzu bude rozdielna. Larvy chrobákov budú voči toxickému pôsobeniu NaF odolnejšie ako húsenice motýľov. V prírode iste nebudú bezvýznamné ani chemické zlúčeniny, v ktorých je fluoridový ión viazaný. Za najtoxickejšiu z nich sa pokladá kyselina monofluóroctová, na báze ktorej vznikol aj jeden z prvých insekticídov.

Tab. 1. Biologická účinnosť NaF na rôzne druhy hmyzu

Druh	LD_{50} (μ g)		LD_{50} (mg) na 1 kg hmotnosti		IT (%)
	NaF	F	NaF	F	
S.segetum	70,9	32,24	156,04	70,08	129
M. brassicae	62,1	28,10	123,51	55,89	103
L. decemlineata	47,9	21,75	173,52	78,5	144
vyššie živočchy			120	54,3	100
T. urticae	LC_{50}	NaF = 0,075 – 0,053 %			
	LC_{50}	Fosfotión = 0,08 – 0,04 %			

Scotia segetum – siatica oziminová
Mamestra brassicae – mora kapustová
Leptinotarsa decemlineata – pásavka zemiaková
Tetranychus urticae – roztočec chmelový

Index toxicity (IT) poukazuje na to, že citlivosť vyšších živočíchov na toxické pôsobenie NaF je v porovnaní s hmyzom vyššia o 8–44 %. Iba pri húseniciach mory kapustovej sa hodnota letálnej toxicity NaF priblížila hodnote stanovenej pre vyššie živočíchy.

Z modelových druhov hmyzu sa prejavili najcitlivejšie na toxické pôsobenie NaF húsenice mory kapustovej. Zaujímavé sú aj výsledky testov na roztočovi chmeľovom. Ukázalo sa, že NaF sa svojím toxickým pôsobením na cicavé fytofágne druhy článkonožcov vyrovná toxicite Fosfotionu, t. j. akaricídu, ktorý sa dlhé roky používal v praktickej ochrane rastlín. Z toho možno usudzovať, že zo všetkých fytofágnych druhov článkonožcov žijúcich v oblasti atakovanej imisiami fluórového typu, môžu byť najviac ohrozené roztoče, vošky a červce.

Tab. 2. Vplyv obsahu NaF v potrave na vývoj, spotrebu a využitie potravy húseníc *Scotia segetum* (Welsmann, Švataráková, 1973, prepočítané na 1 húsenicu)

Životné prejavy	Obsah NaF v potrave (Mg.100 g ⁻¹ sušiny)		
	60	120	240
Dĺžka života (dni) 27	25*	14*	7*
Dosiahnuté vývojové štádium kukla	VI. instar	V. instar	IV. instar
Doba konzumácie intoxikovanej potravy od IV. instaru (dni)	18	8	3
Množstvo skonzumovanej intoxikovanej potravy (mg sušiny)	327,7*	167,9	75,0
Množstvo vylúčeného trusu (mg sušiny)	57,7	28,3	13,8
Koeficient využitia potravy (%)	82,3	83,0	81,0
Množstvo NaF prijatého v potrave (mg)	0	0,1	0,09

* – od IV. instaru

V kontinuálnych chovoch sietice ozimínovej, ktoré sme od IV. instaru larválneho štádia udržiavali na polosyntetickej potrave s obsahom 60, 120 a 240 mg NaF v 100 g sušiny (tab. 2) vidieť, že húsenice bez ohľadu na vývojový stupeň a obsah NaF v potrave po prijatí 90–100 μ g NaF zastavili príjem potravy, znížila sa ich pohyblivosť s následným scvrkávaním a černením tela a postupne odumierali. Poukazuje to na nepatry katabolizmus fluóru a jeho kumuláciu v organizme húseníc. Černenie intoxikovaných jedincov dokazuje zvýšenú tvorbu chinónov po predchádzajúcom zvýšením enzymatickej aktivity polyfenoloxidázy.

Húsenice sietice ozimínovej od vyliahnutia až do zakuklenia skonzumujú približne 1 g polosyntetickej potravy v prepočte na sušinu. Zistené kritické množstvo 90–100 μ g NaF (40,9–45,5 μ g F) naakumulujú už pri konzumácii potravy s obsahom 4–4,5 mg F na 100 g sušiny. Takúto kontamináciu potravy možno preto označiť ako hraničnú pre toxické pôsobenie fluóru na vývoj hmyzu aj vo voľnej prírode. Avšak populačnú hustotu môže ovplyvniť už príjem potravy s polovičnými dávkami fluóru, pretože imága

pochádzajúce z jedincov, ktoré v larválnom štádiu naakumulovali 22 μ g F, vajčká nekladú. To znamená, že fluór zasahuje aj do reprodukcie hmyzu, a to v dávkach podstatne nižších, ako sú stanovené pre jeho letálnu toxicitu.

Fluór sa do prírodného prostredia najčastejšie dostáva ako súčasť imisii pri výrobe hliníka. Maňkovská (1976) v imisnej oblasti hlinikárne Žiar nad Hronom zistila v tele podkôrničky zhubnej (*Aradus cinnamomeus* Panzer) 5,94 μ g F, t. j. až 200–násobne vyšší obsah, ako v kontrolnej oblasti (0,07 μ g F/jedinec). Podobne vyšší obsah (4,83 μ g F) zistila aj v organizmoch húseníc piadivky jesennej (*Operopthera brumata* Den. et. Schiff.). Nasvedčuje to, že aj vo voľnej prírode sú ohraničené oblasti, kde môže fluór vystupovať ako nový ekologický faktor, ovplyvňujúci vývoj a početnosť výskytu hmyzu, pričom fytofágne cicavé druhy článkonožcov budú na toxické pôsobenie fluóru citlivejšie ako listožravé druhy. *Fluór ako nový ekologický faktor nemusí spôsobiť iba mortalitu hmyzu, ale môže sa prejavovať najmä negatívnym zásahom do jeho reprodukcie.*

Horčík

Vplyv horčíka na životné prejavy hmyzu sme sledovali na modelovom druhu *Scotia segetum* v chovoch udržiavaných od IV. larválneho štádia na polosyntetickej potrave:

- s prirodzeným obsahom Mg v jednotlivých komponentoch potravy (0,19 % Mg.g⁻¹ sušiny potravy) – kontrolný chov,
- so zvýšeným obsahom Mg zavedením 370 mg magnezitového úletu s obsahom 88,5 % Mg do 100 g čerstvej potravy (0,985 % Mg.g⁻¹ sušiny) – pokusný chov.

Tab. 3. Bilancia a retencia horčíka *Scotia segetum* v chovoch udržiavaných od IV. instaru na polosyntetickej potrave

Pokusný chov	I	II
Hmotnosť skonzumovanej potravy (g)	1,64	1,50
Celkový príjem Mg (μ g)	624,4	3551,21
Mg vylúčené trusom (μ g)	374,8	3021,5
(%)	62,02	85,08
Mg zadržané v org. (μ g)	249,6	529,67
Mg vylúčené exúviou (μ g)	46,6	92,75
Mg zadržané v kukle (μ g)	203,0	436,92
Mg zadržané v tele imág (μ g)	202,0	418,3

Z dosiahnutých výsledkov (tab. 3) vyplýva, že podstatná časť prijatého horčíka sa selektívne nevstrebáva, ale priamo z organizmu vylučuje trusom. Svedčí to o kľúčovej úlohe tráviacej sústavy pri ochrane organizmu hmyzu pred pôsobením nadbytočného množstva tejto látky prijatej potravou.

Množstvo horčíka zadržané v organizme húseníc (249,6 μ g) v kontrolom chove nemalo žiadny vplyv na vývoj postembryonálnych štádií. Priemerná úmrtnosť húseníc dosiahla 3 %.

V pokusnom chove 89 % húseníc prežilo príjem 5,6-násobne zvýšenej dávky Mg, resp. dvojnásobné množstvo zadržané v organizme (529,67 μg Mg). Popri nepatrne zvýšenej úmrtnosti lariev (11%) sme zaznamenali predĺženie larválneho vývoja z 30 na 62 dní. Avšak dvojnásobne zvýšené množstvo Mg zadržané v tele húseníc vyvolalo tvorbu 28 % morfológicky deformovaných kukiel (prechod medzi larvou a kuklou, jedince sčasti alebo úplne pokryté larválnou kutikulou). Podobne dvojnásobne zvýšený obsah Mg v kuklách a imágach zase spôsobil rôzne stupne morfológických deformácií až u 33 imág (imága boli veľmi deformované a mnohé z nich neschopné opustiť kuklovú kutikulu).

Významným poznatkom je skutočnosť, že ani slabšie deformované imága (deformovaný iba prvý pár krídel) nekládli vajčká. Ako ukázali výsledky histologického štúdia testes a ovárií, u 33 % získaných nedeformovaných imág spôsobil dvojnásobne zvýšený obsah Mg výrazné zmeny v histologickej stavbe vaječníc, kým zmeny v spermatogenéze a morfológickej štruktúre zreých spermí sa nezistili. Zmeny v histologickej stavbe vaječníc spočívali v rôznej intenzite vakuolizácie a granulácie ooplazmy, vytváraní pyknotických jadier, dvojjadrových oocytov, v poškodení folikulárneho epitelu a splyvaní folikulárnych komôr. Poškodenie nutričných buniek sa prejavilo zväčšením jadra trofocitu i rozpadom až atrofiou jednotlivých výživových buniek (Zelenayová, Weismann, 1982). Tieto zmeny sú dôkazom, že imisie magnezitového typu poškodzujú aj zárodočné bunky vnútorných pohlavných orgánov hmyzu.

Všetky spomínané zmeny, vyvolané dvojnásobne zvýšeným obsahom Mg v potrave, resp. v organizme postembryonálnych vývojových štádií *S. segetum* (predĺženie larválneho vývoja, mortalita, morfológické deformity kukiel a imág, sú približne rovnaké, aké opisujú Sehnal a kol. (1976) u hmyzu po aplikácii analógov juvenilných hormónov. Okrem toho sú dôkazom teratogénneho pôsobenia nadmerného obsahu horčička. Z toho vyplýva, že magnezitové imisie prijaté per os zasahujú do celkového metabolizmu už v larválnom štádiu a nemusia sa prejavíť iba úmrtnosťou húseníc. Vznik morfológicky deformovaných imág svedčí o tom, že tieto zmeny sa prenášajú aj do štádia kukly. V tomto vývojovom štádiu magnezitové imisie vo fáze histogenézy môžu ovplyvniť zárodočné terčiky, z ktorých vznikajú nové štruktúry tvoriace sa imága. Prejavuje sa to deformáciou tých orgánov, ku ktorým poškodené bunky patrili.

Vplyv magnezitových imisí na reprodukciu vyšších živočíchov pozorovali aj Reichrtová a Takáč (1978) pri potkanoch Wistar. Podľa týchto autorov nastáva u nich rezorpcia plodov. Okrem toho po aplikácii suspenzie magnezitového prachu do kačacích vajec v 6. a 7. dni embryonálneho vývoja zistili zvýšenú letalitu embryí a teratogénny účinok. Údaje o negatívnom vplyve magnezitových úletov na sterilitu, brezivosť a patologicko-anatomické zmeny v gastrointestinálnom trakte hovädzieho dobytky uvádzajú Tesarčík a Greško (1970).

Za predpokladu, že húsenice siatice a mory od vyliahnutia do zakuklenia skonzumujú v prírodných podmienkach 25 cm^2 listovej plochy, potom na to, aby prijali o 2977 μg Mg viac ako skonzumovali v prirodzenej potrave, musí byť kontaminovaná 5,57 mg magnezitového úletu s 88,5 % obsahom Mg. V prepočte to zodpovedá spadu 2,28 t (1,19 t Mg) na plochu 1 km^2 v priebehu

vegetácie. Takúto kontamináciu možno dosiahnuť aj keď sa spad magnezitových imisí rozdelí na väčšiu listovú plochu, než uvažujeme v prepočtoch, resp. ak sa časť úletov zachytených na listoch splaví dažďom. Táto úvaha vychádza z celkového spadu magnezitových úletov zo závodu Jelšava 150 t.km^{-2} ročne (Tesarčík, Greško, 1970), pričom v priemere zasahuje územie s rozlohou 20 km^2 a v špičkovom období až 60–65 km^2 . Okrem toho v tejto imisnej oblasti obsah Mg napr. v sušine listov slivky dosahuje až 1,56 %, čiže o tretinu viac, ako sušina polosyntetickej potravy so zvýšeným obsahom Mg, ktorú sme použili, resp. 7,5–krát viac, ako sušina listov sliviek mimo imisnej oblasti.

Na základe dosiahnutých výsledkov o vplyve zvýšených obsahov horčička v potrave na vývoj a životné prejavy siatice oziminovej a posúdenia imisnej situácie v oblasti magnezitových závodov Jelšava *môžeme úlety tohto závodu označiť za skutočne nový ekologický faktor, ktorý významne zasahuje do vývoja, reprodukcie, a tým aj populačnej hustoty hmyzu*. Určitá analógia medzi prejavmi negatívneho pôsobenia zvýšeného obsahu horčička v potrave na hmyz, vyššie živočíchov a hospodárske zvieratá poukazuje na možnosti využitia hmyzu ako bioindikátora pre posudzovanie vplyvu priemyselných imisí na živočíšny organizmus. Údaje, získané na hmyze za pomerne krátku dobu, pri nižších nákladoch, môžu poskytnúť aj východiskovú bázu pre výskum vplyvov aj iných priemyselných imisí na vyššie živočíchov, vrátane hospodárskych zvierat.

Literatúra

- Maňkiovská, B., 1976: Obsah fluóru vo vývojových štádiách niektorých lesných škodcov v imisnej oblasti hlinikárne. *Biológia* (Bratislava), 31, 8, p. 477–489.
- Reichrtová, E., 1982: Biologické účinky magnezitových imisí na živočíšny organizmus. *Biol., Práce*, 28, 1, 102 pp.
- Reichtrová, F., Takáč, L., 1978: Prach z magnezitových závodov a živočíšny organizmus. In: Zborník prednášok zo VI. konferencie o žiarometaloch, III. diel, SVTS Dom techniky, Košice, p. 259–265.
- Sehnal, F., Metwally, M. M., Gelbič, I., 1976: Reaction of immature stages of noctuid moth to juvenoida. *Z. angew. Entomol.*, 81, p. 85–102.
- Tesarčík, J., Greško, L., 1970: Vplyv magnezitových úletov na rastlinnú a živočíšnu výrobu v okolí magnezitových závodov Jelšavy a Lubenka. *Štúdia Domu techniky, Košice*.
- Zelenayová, F., Weismann, L., 1982: Vplyv imisí magnezitového typu na vývoj pohlavných orgánov mory oziminovej *Agrotis segetus* (Den. et. Schiff.) (Lepidoptera, Noctuidae). *Biológia* (Bratislava), 37, p. 117–123

„Turecko pripisuje mimoriadny význam Konvencii o biodiverzite a zdôrazňuje význam mokradí, ktoré majú značnú schopnosť absorbovať CO_2 a udržiavať pri živote rastlinstvo a živočíšstvo. Turecko navrhuje zorganizovať na jeseň 1993 „Konferenciu o špeciálnej ekologickej ochrane mokradí“ a uchádza sa o právo byť jej usporiadateľom.“

Suleyman Damirel, ministerský predseda Turecka