

## ULOGA ETOLOGIJE U OTKRIVANJU ZAGAĐIVAČA ŽIVOTNE SREDINE KOJI UTIČU NA PROMENE PONAŠANJA ŽIVOTINJA\*

### *ROLE OF ETOLOGY IN DETECTING ENVIRONMENTAL POLLUTANTS THAT AFFECT CHANGES IN ANIMAL BEHAVIOUR*

Marijana Vučinić\*\*

Veliki broj hemijskih zagađivača koji potiču iz industrijskih, poljoprivrednih i urbanih sredina ostvaruje svoj negativan uticaj na organizam čoveka i životinja direktnim ili indirektnim ometanjem funkcije endokrinih žlezda i hormona. Zato su takvi zagađivači poznati kao „hemikalije koje ometaju endokrine funkcije” (EDC – „endocrine-disrupting chemicals”). Ometanjem funkcije hormona, EDC menjaju određene oblike ponašanja životinja. Zato može da se uspostavi direktna veza između etologije kao naučne discipline, koja proučava ulogu, funkciju, ontogenetski i evolucionu razvoj ponašanja sa aspekta prilagođenosti životinja na uslove života i ekotoksikologije. U ovoj međusobnoj vezi, uloga etologije je da identifikuje promene u ponašanju životinja, koji će da posluže kao prvi bioindikator prisustva EDC u određenom životnom okruženju, a pre nego što nastanu organske promene koje mogu da imaju letalne posledice.

*Ključne reči: etologija, hemikalije koje ometaju endokrine funkcije (EDC), promene u ponašanju, životinje*

#### **Uvod / Introduction**

Veliki broj zagađivača životne sredine nepovoljno utiče na fiziološke funkcije, rast i razvoj organizma čoveka i životinja usled ometanja rada endokrinih žlezda. Zato se i zovu „hemikalije koje ometaju endokrine funkcije” (EDC – „endocrine-disrupting chemicals”). Među njima su najznačajniji teški metali (olovo, živa i kadmijum), pesticidi (atrazin, DDT, DDE, karbaril, cipermetrin, endosul-

\* Rad primljen za štampu 4. 4. 2005. godine

\*\* Dr Marijana Vučinić, vanredni profesor, Katedra za zoohigijenu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

fan, fenitrotion, fenarimol, kepon, metoksihlor, vinklozolin i drugi), ftalati, polihlorirani bifenili (PCB), dioksini, alkilfenolna jedinjenja i slično [1, 2]. Navedene hemikalije poznate su i kao ubikvitarni zagađivači životne sredine, jer je njihovo prisustvo dokazano i u tkivima životinja geografski izolovanih regiona, udaljenih od zagađenih industrijskih, agrarnih i urbanih područja. Prenose se putem sedimentata, vazduha i vode, tako da su retka geografska područja u kojima ne može da se dokaže prisustvo EDC [3]. Ometajući funkciju hormona, EDC utiču i na promene u ponašanju čoveka i životinja. Upravo zato se promene u ponašanju mogu da smatraju prvim bioindikatorima prisustva i delovanja zagađivača životne sredine iz grupe EDC.

#### **Mehanizam delovanja EDC / Mechanism of EDC action**

Životinje su uglavnom izložene istovremenom uticaju većeg broja EDC, što znači da ovi zagađivači ostvaruju multipno i kompleksno delovanje na njihov organizam uz ostvarivanje aditivnog i sinergističkog učinka. U organizam životinja EDC dospevaju vazduhom, vodom i hranom, ali i preko kože, škrge ili tokom embrionalnog razvoja, *in utero* i *in ovo*. Posredstvom bioakumulacije i biomagnifikacije, koncentracija liposolubilnih EDC je najveća na najvišim trofičkim nivoima, a pojedini EDC kao što su teški metali, nisu podložni biološkom razgrađivanju [2]. U organizmu životinja EDC zagađivači ostvaruju kompleksan uticaj na endokrini sistem. Stimulišu (agonisti) ili inhibišu (antagonisti) funkciju endokrinih žlezda prouzrokujući prekomernu ili smanjenu sintezu hormona. Pored toga, ometaju sintezu, skladištenje, oslobađanje, transportovanje, klirens i vezivanje hormona za ciljna mesta ili ometaju delovanje hormona neposredno posle vezivanja za ciljna mesta. Poznato je da se veliki broj ciljnih mesta hormona nalazi u centralnom nervnom sistemu, tako da hormoni ostvaruju direktan uticaj na ponašanje, a samim tim i EDC. Indirektan uticaj na ponašanje životinja i čoveka hormoni i EDC ostvaruju delovanjem na metaboličke procese [1]. Pojedini zagađivači iz grupe EDC nakupljaju se direktno u endokrinim ćelijama prouzrokujući njihovu nekrozu, a samim tim redukuju njihov broj i količinu sintetisanih hormona. Pored navedenih mehanizama delovanja, EDC mogu direktno da stimulišu i inhibišu uaktivnost enzima odgovornih za razlaganje hormona i na taj način utiču na nivo aktivnosti hormona u organizmu [2].

#### **Veza između etologije i EDC / Connection between etology and EDC**

Etologija, kao grana zoologije, proučava ponašanje životinja u odnosu na uslove života i treba da otkrije i objasni uzrok, evolucioni i ontogenetski razvoj i funkciju određenih oblika ponašanja životinja. Ova naučna disciplina proučava ponašanje životinja sa aspekta njihove adaptacije na uslove života, prilagođenosti na biotičke i abiotičke činioce životnog okruženja, preživljavanja i dugovečnosti, ne samo na nivou jedinke, već i na nivou populacije [4]. Kako

ponašanje predstavlja sve uočljive aktivnosti životinja u određenom životnom okruženju i kako se kroz ponašanje reflektuje zdravstveno stanje životinja, to je jasno kako može da se uspostavi veza između etologije, ponašanja životinja, ekotoksikologije i EDC. Danas se smatra da etološka istraživanja, tj. praćenje promena u ponašanju životinja u zagađenim sredinama predstavlja najjednostavniju, pouzdanu, osetljivu, jeftinu i zanimljivu metodu ekotoksikoloških istraživanja. Promene u ponašanju životinja predstavljaju prvi i pouzdan biomarker u odnosu na prisustvo zagađivača životne sredine koji remete funkciju endokrinih žlezda i hormona. Neočekivane promene ponašanja životinja odmah mogu da upute ekotoksikologe na ispitivanje i utvrđivanje prisustva EDC u abiotičkoj komponenti životnog okruženja (zemljište, voda i vazduh) i lancu ishrane određene životinjske vrste kod koje su ustanovljene promene ponašanja [5].

### **EDC i promene ponašanja životinja /** *EDC and changes in animal behaviour*

Do sada je ustanovljeno da EDC mogu da utiču na promene svih oblika ponašanja životinja, ali najčešće na promenu reproduktivnih oblika ponašanja, komunikaciju među životinjama, uspostavljanje hijerarhijskog poretka, agresivnost, reaktivnost i stepen pažnje, učenje i pamćenje.

Podaci o negativnom uticaju EDC na reproduktivno ponašanje kičmenjaka uglavnom su prikupljeni istraživanjima na ribama. Ustanovljeno je da pod uticajem EDC ženke riba ispoljavaju reproduktivne oblike ponašanja karakteristične za mužjake, a kod mužjaka se povećava stepen agresivnosti u toku ljubavne predigre. Agresivnost među mužjacima je jače izražena i u toku uspostavljanja hijerarhijskog poretka i u toku borbe za ženku [6, 7]. Suprotno ribama, kod mužjaka određenih vrsta ptica EDC smanjuju zainteresovanost za ljubavnu predigru i pomoć ženka pri izgradnji gnezda. Kod ženki japanske prepelice DDT menja karakteristično ispoljavanje samog čina kopulacije, a kod ženki galebova indukuje homoseksualne odnose. Kod većine vrsta ptica ustanovljeno je da EDC utiču i na kvalitet izgrađivanja gnezda [8, 9]. Kod sisara EDC menjaju seksualno i materinsko ponašanje. Tako ženke miševa i pacova mnogo manje vremena provode dojeći mladunce. Kod mužjaka EDC prouzrokuju demaskulinizaciju reproduktivnih faza ponašanja, redukuju libido, skraćuju kopulaciju i menjaju oblik njene ispoljenosti. Na primer, metaboliti DDT remete intromisiju penisa, erekciju i ejakulaciju, a onemogućavaju i naskok mužjaka pacova na ženku [10, 11]. Pored navedenog, EDC ometaju i hemosenzornu komunikaciju, koja se ostvaruje putem feromona, a koja je integralni deo reproduktivnog i socijalnog ponašanja kičmenjaka. Ovaj svoj učinak ostvaruju ometanjem funkcije hormona koji utiču na razvoj i funkciju žlezda koje luče feromone. Dokazano je da mužjaci određenih vrsta lososa, u vodenoj sredini zagađenoj cipermetrinom, ne osete miris feromona koje luče ženke u fazi ovulacije [12]. Pesticid endosulfan remeti

hemosenzornu komunikaciju daždevnjaka u vreme parenja, a *DDT* kod miševa remeti obeležavanje i raspoznavanje teritorije posredstvom feromona [2].

*EDC* remete i socijalne odnose u zajednicama u kojima su uspostavljeni stabilni hijerarhijski odnosi u odsustvu ovih zagađivača [13, 14].

Pored navedenog, *EDC* menjaju i stepen reaktivnosti i motivacije životinja. Kod riba se uticaj na reaktivnost ogleda kroz smanjenje vremena provedenog u plivanju i distancama koje prelaze plivanjem. Kod ptica smanjuju vreme pevanja, letenja, vreme provedeno u traženju hrane, a kod sisara negativno utiču na motivisanost za ispitivanje i upoznavanje novih predmeta i pojava u životnom okruženju, na hrabrost i istraživačko ponašanje [13, 14, 15].

Mnogi *EDC* (dioksini, *PCB*, hlordan, kapon, *DDT*, *DDE*, atrazin, olovo, živa, kadmiju i drugi) negativno utiču na kognitivne sposobnosti ptica, miševa, pacova, ovaca, majmuna i čoveka, menjanjem stepena njihove pažnje, sposobnosti učenja i pamćenja [16].

U novije vreme sve su validniji dokazi da *EDC* znatno utiču na mehanizam stresne reakcije organizma životinja i da menjaju i remete odgovore organizma životinja na stresore. Pored toga, same hemikalije iz grupe *EDC* predstavljaju stresore hemijske prirode koje opterećuju organizam životinja u pokušaju adaptacije na ostale stresore iz životnog okruženja [17].

#### **Zaključak / Conclusion**

Uzimajući u obzir navedene činjenice o hemijskim zagađivačima životne sredine koji ometaju funkciju endokrinih žlezda i hormona i time utiču na promene ponašanja životinja, jasna je povezanost između etologije i ekotoksikologije. Uloga etologa je da otkriju promene u ponašanju životinja na prirodnim staništima koji će da posluže kao prvi bioindikator zagađenja određenog životnog okruženja životinja, pre nego što nastanu teška oštećenja organskih struktura sa letalnim ishodom. Međutim, uloga etologa je i da standardizuju laboratorijske testove kojima se otkrivaju promene u ponašanju životinja koji će da posluže kao bioindikator prisustva *EDC* na prirodnim staništima, kao i da sagledaju posledice uticaja *EDC* kroz promene u ponašanju životinja na populacionom nivou.

#### **Literatura / References**

1. Zala S. M., Fenn D. J.: *Animal Behaviour* 68, 649-664, 2004.
2. Clotfelter E. D. *et al.*: *Animal Behaviour* 68, 665-676, 2004.
3. Wilkening K. E. *et al.*: *Science* 290, 65-67, 2000.
4. Vučinić M.: Ponašanje, zaštita i dobrobit životinja, Veterinarska komora, Beograd, 13-15, 2004.
5. Dell'Omo G.: *Behavioral Ecotoxicology*, New York: J. Willey, 2002.
6. Bayley M. *et al.*: *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 43, 68-73, 1999.
7. Baatrup E. *et al.*: *Environmental Health Perspective*, 104, 1020-1023, 2001.
8. McCarty J. P., Secord A. L.: *Environmental Toxicology and Chemistry* 18, 1433-1439, 1999.
9. Harari A. R. *et al.*: *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 267, 2071-2079, 2000.
10. Brien S. E. *et al.*: *Journal of Urology* 163, 1315-1321, 2000.
11. Moore A. *et al.*: *Environmental Health Perspectives* 109, 229-237, 2001.
12. Moore A., Waring C. P.: *Aquatic Toxicology*

52, 1-12, 2001. - 13. Bell A. M.: *Animal Behaviour* 62, 775-780, 2001. - 14. Palanza P. *et al.*: *Neurotoxicology and Teratology* 24, 55-69, 2002. - 15. Markowski V. P. *et al.*: *Environmental Health Perspectives* 109, 621-627, 2001. - 16. Schantza S. L., Widholm J. J.: *Environmental Health Perspectives* 109, 1197-1206, 2001. - 17. Pottinger T. G.: *Pure and Applied Chemistry* 75, 2321-2333, 2003.

**ENGLISH**

**ROLE OF ETOLOGY IN DETECTING ENVIRONMENTAL POLLUTANTS THAT AFFECT CHANGES IN ANIMAL BEHAVIOUR**

**Marijana Vučinić**

A large number of chemical pollutants originating from industrial, agricultural and urban environments realize their negative effect on the organism of humans and animals through the direct or indirect disruption of endocrine gland and hormone function. That is why these pollutants are known as endocrine-disrupting chemicals (EDC). By disrupting endocrine function, the EDC change certain forms of animal behaviour. This is why a direct link can be established between etology, as a scientific discipline that studied the role, function, ontogenetic and evolutionary development of behaviour from the aspect of the animal's adaption to living conditions, and ecotoxicology. In this mutual connection, the role of etology is to identify changes in animal behaviour which will serve as the first bioindicator of the presence of EDC in a certain environment, and before the occurrence of organic changes that could have lethal consequences.

Key words: etology, endocrine-disrupting chemicals (EDC), behaviour changes, animals

**РУССКИЙ**

**РОЛЬ ЭТИОЛОГИИ В ОТКРЫВАНИИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ**

**Марияна Вучинич**

Большое число химических загрязнителей происхождением из промышленных, сельскохозяйственных и городостроительных сред осуществляет своё отрицательное влияние на организм человека и животных прямым или косвенным мешанием функции эндокринных желёз и гормонов. По этому такие загрязнители известны как „химикалии, мешающие эндокринные функции“ (*EDC – endocrine-disruptig chemicals*). Мешанием функции гормонов, *EDC* меняют определённые формы поведения животных. Поэтому можно установить прямую связь среди этиологии как научной дисциплины, изучающая роль, функцию, онтогентическое и эволюционное развитие поведения в аспекте приспособленности животных к условиям казни и экотоксикологии. В этой взаимной связи, роль этиологии идентифицировать изменения в поведении животных которые послужат как первые биоиндикаторы при-

сутствия *EDC* в определённом жизненном окружении, а прежде чем настанут органические изменения, которые могут иметь летальные следствия.

Ключевые слова: этиология, химикалии, мешающие эндокринные функции, (*EDC*), изменения в поведении, животные