

УДК 591.5:592/599-114.5

О.В. РОМАНЕНКО

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
просп. Перемоги, 34, Київ 03680, Україна

ОТРУЙНІ ЗЕМНОВОДНІ ЯК КОМПОНЕНТИ ЕКОСИСТЕМИ ТА ПРОДУЦЕНТИ ТОКСИНІВ

У статті йдеться про отруйні земноводні, токсини, які ними утворюються, роль цих тварин в екосистемах. Обговорюються шляхи дії токсинів в організмі.

Ключові слова: отруйні земноводні, токсини, екосистема

У природному середовищі відбувається конкуренція за ресурси, а здатність тварини до утворення токсинів, небезпечних для інших організмів, збільшує її життєві можливості в екосистемі. Тварини, в організмі яких продукується отрута, належать до первинноотруйних. Ця їх здатність зумовлена генетично і закріплена природним добром. Біологічно активні сполуки, які виявляють в отрутах, бувають різної хімічної природи [5].

У багатьох представників класу Земноводні (Amphibia) в добре розвинених шкірних залозах утворюється секрет, який виявляється токсичним для тварин інших видів. Отруйні земноводні зустрічаються в рядах Хвостаті земноводні (Caudata) та Безхвості земноводні (Anura). Характерним є утворення отруйного секрету в надлопаткових залозах, кожна з яких складається з 20-50 альвеолярних часток, як, наприклад, у жаби *Bufo bufo*. Вони мають вивідні протоки, через які секрет потрапляє на поверхню шкіри тварини-продуцента. У сформованій надлопатковій залозі може знаходитися до 70 мг отруйного для тварин інших видів секрету. Токсини, що містяться в ньому чинять на хижаків, що намагається вкисити амфібію, отруйну дію, а здавлювання амфібії підсилює вивільнення цього секрету. В той же час секрет малих шкірних залоз вільно надходить на поверхню шкіри амфібії і має відлякувати хижаків.

Отрута може міститися в яйцях деяких представників рядів Хвостаті земноводні та Безхвості земноводні. Наприклад, з яєць каліфорнійського тритона *Taricha torosa* виділено тарихотоксин, будова якого подібна до такої тетродотоксину, що утворюється рибами фугу (*Fugu niphobles*, *F. poecilonotum*, *F. ocellatus obscurum*) з родини Голкочеревні (Tetradontidae) [9]. В 1 г яєць каліфорнійського тритона знаходили 25 мкг тарихотоксину. Його напівлетальна доза для мишей дорівнює 9 мкг/кг. В яйцях амфібій роду *Atelopus* також виявлено токсичні сполуки. Так, тетродотоксин знайдено в яйцях *Atelopus varius*, а чірикотоксин – *A. chiriquiensis*. Чірикотоксин не тільки конкурує з тетродотоксином за місця зв'язування в потенціалзалежних натрієвих каналах збудливих мембран і блокує функціонування останніх, але й виявляє здатність порушувати роботу калієвих каналів.

Перший опис виділення отрути, що утвориться саламандрою, зробив у 1768 році дослідник Лаурентіс, а отруйні властивості шкірного секрету деяких хвостатих амфібій описували ще давньогрецькі вчені Нікандор з Колофона та Пліній. Хвостаті земноводні з родини Саламандрові (Salamandridae) зустрічаються в Європі, Азії, Північній Африці, Північній Америці. Тварини з роду Саламандра (*Salamandra*) утворюють отруйний секрет в паротидних (надлопаткових) залозах, які знаходяться з боків голови. В ньому міститься токсична сполука небілкової природи – алкалоїд саламандрин, а також виявляються мінорні алкалоїди, серотонін, гемолітичні білки. Саламандрин спричинює в мишей та інших експериментальних тварин судоми, а також послаблення рефлексів, параліч, особливо задніх кінцівок, зупинку дихання, внаслідок чого вони гинуть. Летальна доза саламандрину становить для миші 3,4 мг/кг, для кроля 1 мг/кг, для жаби 19 мг/кг.

До Червоної книги України занесено вид саламандра плямиста *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) [4]. Йому надано статус вразливого, включено до категорії «Види, що підлягають охороні» Додатку III Конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі, внесено до Червоної книги хребетних Міжнародного союзу

охорони природи. У саламандри плямистої застережне забарвлення: зверху її тіло інтенсивно-чорного кольору з жовтими плямами, а його нижня частина однотонна (чорна або коричнювата). Зустрічається саламандра плямиста на території Європи від Іберійського та Балканського півострова на півдні до Балтійського узбережжя Німеччини та Польщі на півночі, а на сході – до Прикарпаття. В Україні ця тварина зареєстрована у Львівській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Закарпатській областях у передгірській місцевості на висоті 200-1500 м, а також на полонинах, проте найбільшу щільність дорослих особин та личинок виявлено в гірських районах Карпат. Тварини віддають перевагу зволоженим лісовим біотопам.

В отруйних секретах шкірних залоз безхвостих земноводних знайдені біогенні аміни та їх похідні (іноді в 1 г шкіри міститься до 100 мг цих сполук), брадикініни, тахікініни, опоїдні пептиди, нейротоксичні алкалоїди, кардіотропні стероїди, гемолітичні білки. При цьому шкірні секрети тварин з різних родин, а також тварин різних видів однієї родини відрізняються за співвідношенням компонентів. Звертає увагу, що вміст серотоніну в шкірі дорослих жаб, які більшість часу проводять у водному середовищі, менший, ніж у таких, які частіше перебувають на суходолі. Можливо, це відіграє захисну роль в останніх. Так, при здавлюванні дорослі жаби з роду *Bufo*, що водяться на суходолі, можуть вибризкувати отруйний вміст надлопаткових залоз.

Деякі представники ряду Безхвості амфібії (*Anura*), секрет шкірних залоз яких виявляє виражені отруйні властивості, мають застережне забарвлення. Це притаманно, зокрема, для тварин з родів *Phyllobates* та *Bombina*. Тіло амфібій з роду Джерлянка (*Bombina*), що належить до родини Джерлянки (*Bombinatoridae*), вкрите горбистою на вигляд шкірою, багатою на залози, в яких утворюється отруйний секрет. Зверху воно оливкувато-зеленувате або бурувато-сірувате, знизу червоне або жовте, з контрастними за кольором плямами. Потурбована джерлянка, прогинає спину, вивертає кінцівки, демонструючи при цьому яскраво забарвлене черевце. Таке попереджувальне забарвлення разом з отруйним секретом шкірних залоз слугують джерлянці для захисту від природних ворогів, зокрема змій. У шкірі тварин з роду Джерлянка (*Bombina*) присутні білки з гемолітичною дією, а в отруйному секреті шкірних залоз джерлянок знаходяться ферменти, що виявляють амілазну, фосфатазну, лізоцимоподібну та протеолітичну активності. Зі шкіри джерлянок *Bombina variegata* та *B. bombina* було вперше виділено пептид бомбезин – сполуку, що ефективно впливає на шлункову секрецію та виділення жовчі [8]. Крім того, його було знайдено в мозку ссавців, де він також бере участь у регуляції шлункової діяльності.

До Червоної книги України занесено вид кумка жовточерева *Bombina (Bombina) variegata* (Linnaeus, 1758) [2]. Його можна зустріти в гірських місцевостях Європи (за винятком Іберійського півострова та півночі Італії), у Франції, Німеччині, Данії, на Апеннінському півострові, Балканському півострові, а в Україні – в Передкарпатті та в Карпатах на висоті до 2000 м над рівнем моря. В листяних, хвойних та мішаних лісах, на луках та полях, на полонинах, у чагарниках мешкають дорослі тварини. Вид кумка жовточерева *Bombina (Bombina) variegata* (Linnaeus, 1758) визначено за природоохоронним статусом в Україні як такий, що належить до вразливих, його включено до категорії «Види, що підлягають особливій охороні» Додатку II Конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі, а також занесено до Червоної книги хребетних Міжнародного союзу охорони природи.

Дуже токсичне похідне стероїду прегніну – батрахотоксин – знайдено в шкірі поширених у Південній Америці та на півдні Центральної Америки яскраво забарвлених тварин з роду *Phyllobates*, що належить до родини Dendrobatidae [7]. Вміст батрахотоксину в різних видів цього роду неоднаковий, а його кількість може бути в діапазоні від лише слідів до 1,9 мг сполуки в одній тварині. Найбільше батрахотоксину знайдено у *Phyllobates aurotaenia*, *P. bicolor*, *P. terribilis*, проте в *P. lugubris* та *P. vittatus* його вміст не перевищує 0,8 мкг. У Західній Колумбії отруйний секрет амфібій *P. terribilis* місцеві жителі здавна використовували для змащування стріл з метою полювання на ссавців. Для останніх напівлетальна доза батрахотоксину становить 1-2 мкг/кг. Батрахотоксин в організмі, до якого потрапив, взаємодіє з потенціалзалежними натрієвими каналами збудливих мембран у нервових клітинах і м'язових

волоконнах, внаслідок чого розвивається їхня деполяризація, що має необоротний характер. Це спричинює виникнення аритмії, фібриляції та зупинку серця в хребтної тварини та людини, уражених цим токсином. Проте, навіть якщо тонка шкіра амфібії *Phylllobates* ушкоджується і внаслідок цього її шкірний секрет потрапляє на її ж м'язи та нерви, функціонування в збудливих мембранах останніх потенціалзалежних натрієвих каналів не порушується, тому що вони нечутливі до батрахотоксину.

Серед інших отриманих з амфібії родини Dendrobatidae токсинів небілкової природи дослідники звертають увагу на гістріонікотоксин. Його виділено зі шкіри амфібії *Dendrobates histrionicus*, що зустрічається в Колумбії. У дозі 5 мг/кг він може спричинювати зменшення рухової активності мишей, що пов'язують зі здатністю цього токсину порушувати нервово-м'язову передачу внаслідок взаємодії з асоційованим з нікотинним ацетилхоліновим рецептором іонним каналом в постсинаптичній мембрані, причому згаданий ефект є зворотнім. Інші сполуки небілкової природи – пуміліотоксини – виділені зі шкіри амфібії *D. pumilio* та *D. auratus*. Пуміліотоксини спричинюють в уражених ними хребтних тварин порушення координації рухів, посилення тонусу м'язів-екстензорів кінцівок, клонічні судоми, що охоплюють скелетні м'язи, причому внаслідок судом дихальних м'язів настає смерть. Такі симптоми пов'язують з посиленням пуміліотоксином А та пуміліотоксином В в організмі, до якого вони потрапили, мембранного транспорту іонів кальцію, секреції нейротрансмітера з нервових закінчень, спряження процесів збудження та скорочення м'язів.

Про дієвість отруйного шкірного секрету земноводних з родини Dendrobatidae як засобу захисту від ворогів в природних умовах свідчить те, що змії *Rhadinaea*, які полюють на амфібії, при спробі скуштувати представника дендробатид одразу ж відмовляються від нього і намагаються негайно вичистити пащу від отруйного секрету. При цьому звертає на увагу те, що на забарвлення отруйних деревозазів буває схожим таке в деяких неотруйних амфібії, зокрема в *Eleutherodactylus giagae* [1]. Амфібії з родини Dendrobatidae можна зустріти на берегах річок, струмків, у вологих лісах. Тварини одних видів більшу частину свого життя мешкають на деревах, а деяких інших видів зустрічаються під низькорослими рослинами на відкритих ділянках, де їм виявляється достатньо вологи.

Серед представників родини Справжні жаби (Bufonidae) також зустрічаються отруйні амфібії. З понад двадцяти родів, які до неї належать, на особливу увагу заслуговує рід Ропуха (*Bufo*). До нього входить багато видів тварин, відомих як продуценти токсинів. Зокрема, *Bufo bufo*, що зустрічається в Європі та Азії, *B. marinus* – у Південній та Центральній Америці, *B. mauritanicus* – у Північній Америці, *B. gargarizans* – у Китаї, *B. formosus* – у Японії та на Тайвані, *B. regularis* – у Південній Африці, *B. viridis* – в Європі, Азії, Північній Африці. У амфібії з роду *Bufo* позаду очей знаходяться великі отруйні залози (паротиди), а на спинній частині тулуба розкидані дрібні шкірні залози. Ці тварини живляться переважно безхребетними тваринами. Від отрути амфібії роду *Bufo* страждають переважно ті хижаки, що намагаються їх укусити. Наприклад, у хижаків, який схопив зелену жабу (*Bufo viridis*), що мешкає в Україні, виникає блювота внаслідок дії отруйного секрету амфібії. А при спробі скуштувати жабу агу (*Bufo marinus*), яка зустрічається в Південній та Центральній Америці, гинуть собаки. В отруті амфібії *Bufo* міститься декілька груп сполук, здатних впливати на життєдіяльність організму, до якого вони потрапили. Одна група таких сполук включає похідні індолу, зокрема, серотонін, триптамін, буфотенін (алкалоїдоподібна сполука, що являє собою диметильне похідне триптаміну і має властивості психостимулятора), друга групи – кардіотонічні стероїди. Крім того, в отруйному секреті містяться фосфоліпаза А, а також стерини, проте для останніх токсична дія не характерна. В отруйному секреті різних видів амфібії з роду *Bufo* співвідношення компонентів неоднакове. За типовою реакцією на нього постраждалих тварин можна поділити на три групи: 1) гризуни, зокрема, миші, щури, кролі, в яких порушуються кровообіг та дихання, спостерігаються тонічні судоми та параліч кінцівок; 2) собаки, в яких порушується функціонування серцево-судинної системи; 3) амфібії, в яких розвиваються параліч задніх кінцівок і тетанус передніх. Отруйний секрет амфібії *Bufo* спричинює в синапсах центральної нервової системи, в нервово-м'язовому з'єднанні та у вегетативних нервових гангліях уражених тварин порушення процесів міжклітинної комунікації.

До Червоної книги України занесений вид ропуха очеретяна *Bufo calamita* Laurenti, 1768 [3]. За природоохоронним статусом в Україні він належить до категорії вразливих видів. Вказаний вид включений до категорії «Види, що підлягають особливій охороні» Додатку II Конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі, а також занесений до Червоної книги хребетних Міжнародного союзу охорони природи. Ропуху очеретяну можна зустріти в Європі на значній території: від Італії, Австрії та Чехії на півдні до країн Балтії та Швеції на півночі; ця амфібія виявлена також у Великій Британії. В Україні вид зареєстровано переважно у Волинській області, а також знайдено у Львівській та Рівненській областях. У березні – квітні у водоймах зустрічаються дорослі амфібії, а коли нерест, що відбувається на мілководді ставків, дренажних каналів або водойм, утворених у піщаних та гравійних кар'єрах, закінчується, дорослі тварини переходять до заліснених або відкритих біотопів. Тварин можна виявити на дюноподібних ділянках, галявинах та околицях соснових лісів. В якості місця для схованки ці амфібії використовують купи каміння, хмизу, кори, листову підстилку і навіть здатні закопуватися в ґрунт.

Отже, отруйні тварини, як компоненти біоценозів, підтримують стійкість екосистем, що особливо важливо в умовах антропогенного впливу. При цьому багато з вказаних тварин є джерелом біологічно активних сполук, які виявилися корисними для людини. Дослідження цих організмів може відбуватися тільки з безумовним дотриманням тих етичних норм, що прийняті в державі та науковою спільнотою в світі [6].

1. Денисова М. Н. Отряд Бесхвостые земноводные (Апуга) // Жизнь животных. В 7-ми т. / Гл. ред. В.Е. Соколов. Т. 5. Земноводные. Пресмыкающиеся / А.Г. Банников, И.С. Даревский, М.Н. Денисова [и др.]; Под ред. А.Г. Банникова. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1985. – С. 51–108.
2. Писанець Є. М. Кумка жовточерева *Bombina (Bombina) variegata* (Linnaeus, 1758) / Є. М. Писанець // Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. – К. : Глобалконсалтинг, 2009. – С. 385.
3. Писанець Є. М. Ропуха очеретяна *Bufo calamita* Laurenti, 1768 // Червона книга України. Тваринний світ / Є. М. Писанець / за ред. І.А. Акімова. – К. : Глобалконсалтинг, 2009. – С. 384.
4. Писанець Є.М. Саламандра плямиста *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) / Є. М. Писанець // Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. – К. : Глобалконсалтинг, 2009. – С. 379.
5. Романенко О. В. Актуальні питання вивчення отруйних гідробіонтів в системі фахової підготовки лікарів та фармацевтів / О. В. Романенко // Наукові зап. Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск “Гідроекологія”. – 2005. – № 3 (26). – С. 381–384.
6. Романенко О. В. Біоетичні аспекти іхтіологічних та екофізіологічних досліджень / О. В. Романенко, М. М. Груша // Наукові зап. Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск “Гідроекологія”. – 2010. – № 2(43). – С. 420–423.
7. Ташмухамедов Б. А. Нейротоксины в исследованиях биологических мембран / Б. А. Ташмухамедов, П. Б. Усманов. – М. : Высшая школа, 1991. – 112 с.
8. Ohki-Hamazaki H. Development and function of bombesin-like peptides and their receptors / H. Ohki-Hamazaki, M. Iwabuchi, F. Maekawa // Int. J. Dev. Biol. – 2005. – Vol. 49. – P. 293–300.
9. Zimmer R. K. Neuroecology, chemical defense, and the keystone species concept / R. K. Zimmer, R. P. Ferrer // Biol. Bull. – 2007. – Vol. 213. – P. 208–225.

А.В. Романенко

Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, Киев, Украина

ЯДОВИТЫЕ ЗЕМНОВОДНЫЕ КАК КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ И ПРОДУЦЕНТЫ ТОКСИНОВ

В статье рассматриваются ядовитые земноводные, токсины, которые ими выделяются, роль этих животных в экосистемах. Обсуждаются пути действия токсинов в организме.

Ключевые слова: ядовитые земноводные, токсины, экосистема

O.V. Romanenko

O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

POISONOUS AMPHIBIANS AS ECOSYSTEM COMPONENTS AND TOXINS PRODUCERS

The article deals with poisonous amphibians and the toxins they produce, as well as the role of these animals in ecosystems. There are discussed the ways in which toxins impact the organism.

Key words: poisonous amphibians, toxins, ecosystem

Рекомендує до друку

Надійшла 15.02.2013

В.В. Грубінко

УДК 591.5:592/599-114.5

О.В. РОМАНЕНКО

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
просп. Перемоги, 34, Київ, 03680, Україна

ТОКСИНИ ОТРУЙНИХ НАЗЕМНИХ І ВОДНИХ РЕПТИЛІЙ ЯК ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ

У статті акцентується увага на отруйних рептиліях, які мешкають на суходолі та у водних екосистемах, та токсинах, що утворюються цими тваринами. Обговорюються шляхи дії токсинів в організмі.

Ключові слова: отруйні рептилії, токсини, екологічний чинник

Отруйні тварини продукують токсини для дії поза межами їхнього організму. Ці сполуки є важливими екологічними чинниками і суттєво впливають на характер біотичних зв'язків в екосистемах. Різноманіття таких сполук, що входять до складу отруту тваринного походження, зумовлене необхідністю максимального пристосування конкретного виду до полювання на придатну здобич у даній місцевості чи акваторії та захисту від ворогів.

В класі Плазуни (Reptilia) об'єднано понад шість тисяч видів тварин. Багато видів плазунів утворюють отрути. Вони належать в основному до ряду Змії (Serpentes), а два види отруйних тварин є в ряді Ящірки (Sauria). До останніх належать отрутозуб жилатсьє (*Heloderma suspectum*) та есхорпійон (*Heloderma horridum*) з родини Отрутозуби (Helodermatidae). Вони водяться в напівпустелях та кам'яних передгір'ях південних районів Північної Америки, полюють переважно на дрібних ссавців, рідше – плазунів. Вживають також яйця птахів та рептилій, пташенят, комах. Отруйний апарат отрутозубів включає парні отруйні залози, протоки, якими отруйний секрет надходить до зубів, а також зуби. Отрутозуби вбивають свою здобич, вводячи отруту в жертву під час укусу. Отрута чинить на уражений організм нейротоксичну та гемокоагуляційну дію [1]. Отрутозуби практично нечутливі до власної отрути. Укус отрутозуба викликає в людини сильний біль, місцевий набряк, слабкість, запаморочення, уражається також лімфатична система, а іноді настає смерть.

В слині деяких представників ряду Змії присутні протеолітичні та інші ферменти, що підвищує ефективність полювання. Проте краще пристосовані до нього змії з розвиненим спеціалізованим отруйним апаратом. Вони є в родині Вужеві (Colubridae), Аспідові (Elapidae), Морські змії (Hydrophidae), Гадюкові (Viperidae), Ямоголові (Crotalidae). Отрута в них утворюється у верхньогубних та скроневих залозах, а для її введення в організм жертви змії використовують розташовані у верхній щелепі зуби, що мають збільшені порівняно з іншими зубами розміри. У тварин з родин Вужеві (Colubridae), Аспідові (Elapidae) та Морські змії (Hydrophidae) отрута надходить в ранку на тілі жертви розташованою на зубі борозною, а з