

РОЛЬ ЗМІЇНОЇ ОТРУТИ У БІОТИЧНІЙ ВЗАЄМОДІЇ ОРГАНІЗМІВ

О.В. Мудрак

доктор сільськогосподарських наук, професор

КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти” (м. Вінниця, Україна)

e-mail: ov_mudrak@ukr.net; ORCID: [https:// orcid.org/0000-0002-1776-6120](https://orcid.org/0000-0002-1776-6120)

І.В. Слепцова

аспірантка

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: inna7slyeptsova@gmail.com; ORCID: [https:// orcid.org/0000-0001-6838-7924](https://orcid.org/0000-0001-6838-7924)

У статті розглянуто екологічне значення біотичних взаємодій між живими організмами. Висвітлено, що біотичні взаємозв'язки можуть бути внутрішньо- або міжвидовими, позитивними або негативними та охоплювати широкий спектр взаємодій, включаючи хижацтво, коменсалізм, мутуалізм, конкуренцію і паразитизм. Вказано, що найбільшу увагу дослідників привертають отрути змії, які є найкраще вивченими. Проаналізовано роль хижаків у формуванні структури і функціонуванні екосистем та виникненні адаптаційних ознак у організмів. Встановлено, що екологічна взаємодія хижак-жертва викликає взаємні фізіологічні, анатомо-морфологічні і поведінкові адаптації на індивідуальному, внутрішньо- і міжвидовому рівнях. Зазначено, що особливо важливою адаптацією, яка виникла в процесі еволюції видів є токсини отрут, а представники отруйних тварин наявні у кожній природній екосистемі. Виділено, що більше 250 000 видів тварин використовують отруту для хижацтва, а також у якості стратегії захисту і виживання. Узагальнено літературні відомості про типи отруйних тварин. Наведено дані щодо компонентного складу тваринних отрут та патологічних наслідків їхнього впливу на організм. Зазначено, що зникнення середовищ існування, зміна кліматичних показників та біологічні інвазії несуть загрозу екологічним процесам, які пов'язані із взаємодією між видами. Висвітлено важливе значення змії для природних екосистем, їх роль у збалансуванні трофічної мережі та регуляції популяцій шкідників. З'ясовано, що з екологічної точки зору отрута змії — це важлива функціональна властивість, що опосередковує біотичну взаємодію між декількома організмами і водночас є стресорним біотичним чинником по відношенню до інших живих істот.

Ключові слова: хижак, жертва, екологічне значення, отрута, гомеостаз, стресорний чинник.

ВСТУП

Біотичні взаємодії є ключовими компонентами впливу на біорізноманіття, вирішальними для функціонування більшості екосистем і одним із найважливіших чинників формування еволюції видів. Біотичні взаємодії відбуваються, коли організми співіснують між собою і прямо чи опосередковано впливають один на одного. Прямі зв'язки між організмами утворюються внаслідок впливу одних організмів на інші. Натомість опосередковані зв'язки передбачають наявність проміжних ланок, тому називаються непрямими. Біотичні взаємозв'язки можуть утворюватися всередині або між видами, бути позитивними або негативними та охоплювати широкий спектр взаємодій, включаючи хижацтво, коменсалізм, мутуалізм, конкуренцію і паразитизм. Ці екологічні взаємодії необхідні для збереження стійкості екологічних систем до втрати видів, оскільки впливають на динаміку популяцій, природний відбір і короткострокову еволюцію [1–2].

Отруйні види тварин відіграють одну з ключових ролей в утворенні та перебігу екологічних взаємодій між організмами. На планеті існує більше 220 000 отруйних видів, що становить біля 15% існуючого біорізноманіття тварин, охоплюючи безхребетних (кільчасті черви, членистоногі, кнідарії, молюски, нематоди, морські їжаки, риби-зірки) і хребетних (змії, ящірки, риби, землерийки, качкодзьоби). Отруйні тварини використовують отруту під час різноманітних екологічних взаємодій (хижацтва, захисту, конкуренції тощо). Найбільшу увагу дослідників привертають отрути павуків, скорпіонів, змії і равликів роду Кокус. Серед них найкраще вивченими є отрути змії. Токсинам зміїної отрути присвячено чимало біохімічних, фармакологічних, структурних і функціональних досліджень, що покращило розуміння характеру токсичної дії їх отрути [3–5].

Метою роботи є аналіз і узагальнення літературних наукових даних щодо впливу

отруйних тварин, зокрема змій, на перебіг біотичних взаємозв'язків у екосистемах та з'ясування еколого-біологічного значення зміної отрути.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Роль хижаків є критичною у формуванні структури і функціонування екосистем. Взаємодії хижак-жертва можуть змінювати склад популяцій, опосередковувати трофічні зв'язки, впливати на біорізноманіття, інвазії видів та збереження тих видів, що знаходяться під загрозою зникнення. Крім того, хижаки можуть контролювати динаміку популяцій жертв, впливаючи на такі аспекти як виживання, зростання, поведінка, розподіл тощо, тоді як здобич також може регулювати популяції хижаків. Біотичні зв'язки між хижаком і жертвою є одним із ключових чинників, що пояснюють еволюцію та адаптацію багатьох ознак у організмів від мікроорганізмів до хребетних. Ці екологічні взаємодії викликають взаємні фізіологічні, морфологічні і поведінкові адаптації на індивідуальному, внутрішньо- і міжвидовому рівнях [6-7].

Однією особливо важливою адаптацією, яка виникла мільйони років тому є токсини отрут. З погляду еволюції отрути є успішними адаптаціями, що підтверджується присутністю отруйних тварин у кожній природній екосистемі. Більше 250 000 видів тварин використовують отруту для хижацтва, а також у якості стратегії захисту і виживання. Отрути тварин являють собою специфічні неоднорідні суміші пептидів, ферментів, низькомолекулярних органічних речовин і неорганічних солей. Отрути можуть містити від сотень до тисяч унікальних складових. Усі їх фізико-хімічні і біологічні властивості є результатом еволюційного процесу, що обумовлюють широкий діапазон токсичності тваринних отрут, визначають їх фізіологічну активність і характер токсичної дії. Взаємодії хижак-жертва за участю отруйних хижаків опосередковані здебільшого ін'єкцією отрути в організм жертви, що викликає порушення на фізіологічному рівні, а не лише фізичні пошкодження [4; 8-10].

Організм жертви зазнає впливу численних токсинів, що потрапляють з током крові до різних органів та вражають життєво важливі системи жертви — нервову, м'язову, серцево-судинну, а також систему гемостазу. Дія будь-яких елементів екзогенного походження визначає розвиток пристосувальних змін в організмі, а скоординована діяльність органів і систем, що формують пристосувальні механізми, підтримує його гомеостаз. Порушення гомеостазу за

впливу токсинів отрут доцільно досліджувати не лише на рівні тканин, органів і систем, а також на молекулярному і клітинному рівні, оскільки саме тут відбувається основна реакція на дію зовнішніх чинників [4; 11].

Згідно літературних даних, отруйні тварини поділяються на дві групи — первинно-отруйні і вторинно-отруйні. Первинно-отруйні тварини виробляють секрет за допомогою залоз або мають токсичні продукти метаболізму. Вторинно-отруйні тварини накопичують екзогенні отрути і можуть бути токсичними лише у випадку вживання їх з їжею. Прикладом останніх є молоски чи риби, які накопичують в своєму організмі динофлагелят. Первинно-отруйні тварини поділяються, в свою чергу, на активно- та пасивно-отруйних. Перший тип має спеціалізований отруйний апарат, оснащений засобами для створення рани. Як правило, під даним апаратом розуміють залозу з вивідними протоками, а також такі пристосування як жало у комах, зуби змій, тощо. Ті види активно-отруйних тварин, що позбавлені зазначених засобів для нанесення ран носять назву обеззброєних. Отруйні секрети останніх спричиняють токсичний ефект при контакті їх з зовнішніми покривами жертви (анальні залози комах, шкірні залози амфібій). Пасивно-отруйні тварини продукують і накопичують токсичні метаболіти в різноманітних органах і тканинах. Вони чинять небезпеку лише при потраплянні до травного тракту інших організмів. Характерною для них особливістю є так звана постійність токсичності, що є їх видовою ознакою, в той час як вторинно-отруйні тварин володіють спорадичним типом отруйності [3; 8].

Токсини тваринного походження, поділяються на отрути білкової і небілкової природи. Білкові зоотоксини, що являють собою оліго- та поліпептиди чи ферменти наявні у більшості активно-отруйних тварин, що мають апарат для нанесення ран (змій, павуки, скорпіони). Тварини, що не володіють отруйним апаратом, а також пасивно-отруйні найчастіше продукують надзвичайно сильні токсини небілкової природи [3].

Зміїна отрута, зокрема, містить велику різноманітність пептидів і білків, які чинять шкідливу запальну і нейротоксичну дію в тому числі сильний біль і параліч, гемотоксичні прояви, такі як крововилив і коагулопатія, цитотоксичні та міотоксичні ефекти, такі як запалення і некроз [12]. Отрута змій тривалий час привертає увагу дослідників з усього світу, здебільшого через велику кількість токсинів, присутніх в отрутах видів, що мають важливе медичне значення. Однак водночас зміїні отрути є важливими екологічними чинниками

середовища, що впливають на формування біотичних взаємодій у екосистемах та виконують різноманітні екологічні функції, тож останнім часом досліджується еволюційне і екологічне значення цих отрут [4].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Застосовано загальнонаукові методи: аналізу і синтезу інформації, отриманої з наукових праць вітчизняних і зарубіжних вчених щодо впливу отруйних тварин, зокрема змії, на перебіг біотичних взаємозв'язків у екосистемах, використано методи порівняльного аналізу та наукового узагальнення для з'ясування еколого-біологічного значення зміїної отрути.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В природі існування живих організмів взаємопов'язане. Між усіма живими істотами відбуваються складні взаємодії, що є біологічними процесами, які впливають на різноманіття видів, включаючи динаміку і функціонування екосистем. Ці взаємодії викликають утворення певних зв'язків, що можуть мати позитивний, негативний чи нейтральний характер. Такі біотичні зв'язки забезпечують існування живих істот в екосистемах. Однак в останні роки біорізноманіття та екологічні процеси, пов'язані із взаємодією між видами, опинилися під загрозою через втрату середовищ існування (оселищ), зміну клімату та біологічні інвазії. Необхідно також враховувати, що коли вид вимирає в екосистемі, усі екологічні функції, пов'язані з його біотичними взаємодіями, можуть бути втрачені. Втрата взаємодій також може обмежити розповсюдження генів у різних регіонах, маючи негативний вплив на популяції у великих масштабах і зрештою прискорюючи вимирання видів [13].

Більшість видів тварин перебувають у відносинах хижак-жертва, споживаючи здобич чи ставши жертвою хижаків, або одночасно виконують роль і хижака і жертви. Тому взаємовідносини між хижакками і здобиччю відіграють важливу роль у структуруванні екологічних угруповань, причому хижаки впливають на своєї здобичі, через такі процеси, як продуктивність, колообіг поживних речовин, динаміка захворювань, тощо. Стає все більш важливим зрозуміти ці трофічні зв'язки, щоб зберегти функціональні екологічні зв'язки або передбачити наслідки для всієї екосистеми, якщо ці взаємодії зникнуть [14].

Змії відіграють дуже важливу роль у природі екосистем. Вони допомагають збалансувати трофічну мережу, адже змії, як хижа-

ки, харчуються жабами, комахами, щурами, мишами та іншими гризунами, допомагаючи тримати популяцію здобичі під контролем і, таким чином, контролюючи шкідників. Змії також відіграють певну роль у профілактиці хвороб і приносять користь сільському господарству. Гризуни є переносниками багатьох зоонозних захворювань (таких як хвороба Лайма, лептоспіроз, лейшманіоз, хантавірус), які вражають людей, собак, велику рогату худобу, овець та інших домашніх тварин. Раптове збільшення популяції гризунів може призвести до спалахів зоонозних захворювань та втрати врожаю. Поїдаючи гризунів, змії регулюють їх популяцію, таким чином запобігаючи передачі зоонозних захворювань і сприяючи продовольчій безпеці. Вони також демонструють характеристики як хижака, так і жертви та допомагають у збереженні біорізноманіття на Землі для реалізації цілей сталого розвитку. Крім того зміїна отрута є джерелом протитотрут та багатьох ліків [15].

З екологічної точки зору отрута змії — це важлива функціональна властивість, яку вони використовують для втручання в процеси гомеостазу інших організмів, що дозволяє їм підкорювати здобич, полегшувати годування, протидіяти хижакам чи конкурентам, таким чином опосередковуючи біотичну взаємодію між декількома організмами [16].

Стресорний чинник можна розглядати як будь-який екзогенний або ендогенний чинник чи подразник, що порушує гомеостаз організму. Реакція на стрес включає фізіологічні і поведінкові зміни, які відбуваються в результаті дії стресорного чинника і спрямовані на його послаблення. У поєднанні фізіологічні та поведінкові зміни є частиною адаптивної реакції, що дозволяють тварині впоратися з порушеннями гомеостазу і спрямовані на підвищення ймовірності виживання, сприяючи поширенню видів. Тож зміїна отрута водночас є стресорним біотичним чинником по відношенню до інших видів живих істот [5].

ВИСНОВКИ

Біотичні взаємозв'язки відіграють ключову роль у функціонуванні та підтриманні стійкості екосистем, впливають на біорізноманіття та еволюцію видів. Вони можуть бути міжвидовими або внутрішньовидовими, мати позитивний, негативний або нейтральний характер. Отруйні види становлять біля 15% існуючого біорізноманіття тварин та мають важливе значення для перебігу екологічних взаємодій. Біотичні зв'язки між хижакком і жертвою є одним із ключових чинників, що пояснює еволюцію і адаптацію багатьох ознак у організмів. Особливо важливою і успішною адаптацією, яка виникла внас-

лідок еволюційного розвитку є токсини отрути, що підтверджується присутністю отруйних тварин в кожній природній екосистемі. Більше 250 000 видів тварин використовують отруту для хижацтва, а також у якості стратегії захисту і виживання. Токсичність тваринних отрут обумовлена її компонентним складом та фізико-хімічними і біологічними властивостями токсинів. Зміна отрута, зокрема, містить велику різноманітність пептидів і білків, які чинять запальну, нейротоксичну, гемотоксичну і цитотоксичну дію. Змії відіграють дуже важ-

ливу роль у природних екосистемах, оскільки допомагають збалансувати трофічну мережу, а також регулюють популяції гризунів. Екологічне значення зміної отрути полягає в тому, що це важлива функціональна властивість, а також екзогенний фактор, що порушує гомеостаз інших організмів, з метою вполювання здобичі, полегшення травлення і годування, протидії хижакам чи конкурентам. Таким чином, зміна отрута опосередковує біотичну взаємодію між організмами та водночас діє на них як стресорний біотичний чинник.

ЛІТЕРАТУРА

- Gómez J.M., Iriondo J.M. and Torres P. Modeling the continua in the outcomes of biotic interactions. *Ecology*. 2023. Vol. 104 (4). P. 3995. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3995>
- Fraser D., Soul L.C., Tóth A.B. et al. Investigating Biotic Interactions in Deep Time. *Trends Ecol Evol*. 2021. Vol. 36 (1). P. 61–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.09.001>
- Herzig V., Cristofori-Armstrong B., Israel M.R. et al. Animal toxins — Nature's evolutionary-refined toolkit for basic research and drug discovery. *Biochem Pharmacol*. 2020. Vol. 181. P. 114096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114096>
- Мудрак О.В., Маєвський О.Є., Парфенюк А.І., Ткач Є.Д., Тертична О.В. Еколого-біологічне значення дії отрути гадюк на гомеостаз ссавців. *Агроєкологічний журнал*. 2023. № 1. С. 76–83. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276730>
- Мудрак О.В., Маєвський О.Є., Слепцова І.В. Отрута гадюк *Vipera b. berus* та *Vipera b. nikolskii* як стресорний біотичний чинник. Продовольча та екологічна безпека України: проблеми та шляхи їх подолання: матеріали науково-практичної конференції (м. Київ, 12 жовтня 2023 р.). Київ, 2023. С. 80–82.
- Belgrad B.A. and Griffen B.D. Predator-prey interactions mediated by prey personality and predator hunting mode. *Proc Biol Sci*. 2016. Vol. 283(1828). P. 20160408. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0408>
- Radovics D., Szabolcs M., Lengyel, S. et al. Hide or die when the winds bring wings: predator avoidance by activity shift in a mountain snake. *Front Zool*. 2023. Vol. 20(17). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12983-023-00497-w>
- de Oliveira A.N., Soares A.M. and Da Silva S.L. Why to Study Peptides from Venomous and Poisonous Animals? *Int J Pept Res Ther*. 2023. Vol. 29. P. 76 DOI: <https://doi.org/10.1007/s10989-023-10543-0>
- Holding M. L., Trevine V. C., Zinenko O. et al. Evolutionary allometry and ecological correlates of fang length evolution in vipers. *Proc. R. Soc.* 2022. Vol. 289(1982). P. 20221132. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1132>
- Avella I., Calvete J. J., Sanz L. et al. Interpopulational variation and ontogenetic shift in the venom composition of Lataste's viper (*Vipera latastei*, Boscá 1878) from northern Portugal. *J Proteomics*. 2022. Vol. 263. P. 104613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104613>
- Matkivska R., Samborska I. and Maievskiy O. Effect of animal venom toxins on the main links of the homeostasis of mammals (Review). *Biomedical Reports*. 2024. Vol. 20. P.16. DOI: <https://doi.org/10.3892/br.2023.1704>
- Ferraz C. R., Arrahman A., Xie C. et al. Multifunctional Toxins in Snake Venoms and Therapeutic Implications: From Pain to Hemorrhage and Necrosis. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2019. Vol. 7. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00218>
- Luna P., Corro E.J., Antoniazzi R. and Dáttilo W. Measuring and Linking the Missing Part of Biodiversity and Ecosystem Function: The Diversity of Biotic Interactions. *Diversity*. 2020. Vol. 12(3). P. 86. DOI: <https://doi.org/10.3390/d12030086>
- Schmitz O. Predator and prey functional traits: understanding the adaptive machinery driving predator-prey interactions. *F1000Res*. 2017. Vol. 27(6). P. 1767. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.11813.1>
- Snake Venom and Ecology/ Ed. by Manjur Shah. M., Sharif, U., Rufai Buhari, T., Sabiu Imam, T. *IntechOpen*. 2022. 106 p. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.95194>
- Casewell N.R., Jackson T.N.W., Laustsen A.H. and Sunagar, K. Causes and Consequences of Snake Venom Variation. *Trends Pharmacol Sci*. 2020. Vol. 41(8). P. 570–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.05.006>(4)

THE ROLE OF SNAKE VENOM IN THE BIOTIC INTERACTION

Mudrak O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Public Higher Educational Establishment "Vinnytsia Academy of Continuing Education
e-mail: ov_mudrak@ukr.net;
ORCID: [https:// orcid.org/0000-0002-1776-6120](https://orcid.org/0000-0002-1776-6120)

Slieptsova I.

Postgraduate Student

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)

e-mail:inna7slyeptsova@gmail.com;

ORCID: [https:// orcid.org/0000-0001-6838-7924](https://orcid.org/0000-0001-6838-7924)

It is highlighted the ecological significance of biotic interactions. Biotic relationships can be intra- or interspecific, positive or negative and cover a wide range of interactions, including predation, commensalism, mutualism, competition and parasitism. It is indicated that snake venoms, which are the best studied, attract the greatest attention of researchers. The role of predators in the formation of the structure and functioning of ecosystems is analyzed. It has been established that the predator-prey ecological interaction causes mutual physiological, morphological and behavioral adaptations at the individual, intra- and inter-species levels. It is noted that toxins are important adaptation that arose due to evolution. Representatives of venomous animals are present in every ecosystem, more than 250,000 species of animals use their venom for predation, as well as for defense and survival. Information about the types of poisonous and venomous animals is summarized in the article. The composition of animal venoms and the pathological consequences of their influence are presented. It is noted that the lost of habitats, climate change and biological invasions pose a threat to ecological processes that are associated with the interaction between species. The importance of snakes for ecosystems, their significance for trophic network and regulating pests is highlighted. It was found that from an ecological point of view, snake venom is an important functional trait that mediates biotic interaction between several organisms. At the same time it is a stressful biotic factor for other living beings.

Keywords: predator, prey, ecological significance, venom, homeostasis, stress factor.

REFERENCES

- Gómez, J.M., Iriondo, J.M. & Torres, P. (2023). Modeling the continua in the outcomes of biotic interactions. *Ecology*, 104 (4), 3995. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3995> [in English].
- Fraser, D., Soul, L.C., Tóth, A.B. et al. (2021). Investigating Biotic Interactions in Deep Time. *Trends Ecol Evol.*, 36 (1), 61–75. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.09.001>[in English].
- Herzig, V., Cristofori-Armstrong, B., Israel, M. R. et al. (2020). Animal toxins — Nature's evolutionary-refined toolkit for basic research and drug discovery. *Biochem Pharmacol.*, 181, 114096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114096> [in English].
- Mudrak, O.V., Maievskiy, O.Y., Parfenyuk, A.I. et. al. (2023). Ekolooho-bioloohichne znachennya diyi otruty hadyuk na homeostaz ssavtsiv [Ecological and biological significance of the action of viper venom on the homeostasis of mammals]. *Ahroekoloohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 1, 76–83. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276730> [in Ukrainian].
- Mudrak, O.V., Maievskiy, O.Ie., Slieptsova, I.V. (2023). Otruta hadiuk *Vipera b. berus* ta *Vipera b. nikolskii* yak stresornyi biotychnyi chynnyk [*Vipera b. berus* and *Vipera b. nikolskii* venom as a stressful biotic factor]. *Prodovolcha ta ekoloohichna bezpeka Ukrainy: problemy ta shliakhy yikh podolannia:materialy naukovo-praktychnoi konferentsii [Food and environmental security of Ukraine: problems and ways to overcome them: materials of the Scientific and Practical Conference]* (pp.) 80–82. Kyiv: DIA [in Ukrainian]
- Belgrad, B.A & Griffen B.D. (2016) Predator-prey interactions mediated by prey personality and predator hunting mode. *Proc Biol Sci.*, 283 (1828), 20160408. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0408> [in English].
- Radovics, D., Szabolcs, M., Lengyel, S. et al. (2023). Hide or die when the winds bring wings: predator avoidance by activity shift in a mountain snake. *Front Zool.*, 20 (17), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12983-023-00497-w>
- de Oliveira, A.N., Soares, A.M. & Da Silva, S.L. (2023). Why to Study Peptides from Venomous and Poisonous Animals? *Int J Pept Res Ther.*, 29, 76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10989-023-10543-0> [in English].
- Holding, M. L., Trevine, V. C., Zinenko, O. et al. (2022). Evolutionary allometry and ecological correlates of fang length evolution in vipers. *Proc. R. Soc.*, 289 (1982), 20221132. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1132>[in English].
- Avella, I., Calvete, J. J., Sanz, L. et al. (2022). Interpopulational variation and ontogenetic shift in the venom composition of Lataste's viper (*Vipera latastei*, Boscá 1878) from northern Portugal. *J Proteomics*, 263, 104613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2022.104613> [in English].
- Matkivska, R., Samborska, I., & Maievskiy, O. (2024). Effect of animal venom toxins on the main links of the homeostasis of mammals (Review). *Biomedical Reports*, 20, 16. DOI: <https://doi.org/10.3892/br.2023.1704> [in English].
- Ferraz, C. R., Arrahman, A., Xie, C. et al. (2019). Multifunctional Toxins in Snake Venoms and Therapeutic Implications: From Pain to Hemorrhage and Necrosis. *Frontiers in Ecology and Evolution.*, 7, 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00218>[in English].
- Luna, P., Corro, E.J, Antoniazzi R. & Dáttilo W. (2020) Measuring and Linking the Missing Part of Biodiversity and Ecosystem Function: The Diversity of Biotic Interactions. *Diversity*, 12 (3), 86. DOI: <https://doi.org/10.3390/d12030086> [in English].

14. Schmitz, O.(2017). Predator and prey functional traits: understanding the adaptive machinery driving predator-prey interactions. *F1000Res.*, 27 (6), 1767. DOI: <https://doi.org/10.12688/f1000research.11813.1>. [in English].
15. Manjur Shah, M., Sharif, U., Rufai Buhari, T., & Sabiu Imam, T. (Eds.). (2022). Snake Venom and Ecology. *IntechOpen*. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.95194> [in English].
16. Casewell, N.R., Jackson, T.N.W., Laustsen, A.H. & Sunagar, K. (2020). Causes and Consequences of Snake Venom Variation. *Trends Pharmacol Sci.*, 41 (8), 570–581. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tips.2020.05.006>(4) [in English].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Мудрак Олександр Васильович, доктор сільськогосподарських наук, професор, КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти” (вулиця Грушевського, 13, м. Вінниця, 21050; ov_mudrak@ukr.net; тел.: 097-345-82-14; ORCID:0000-0002-1776-6120)

Слепцова Інна Володимирівна, аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: inna7slyeptsova@gmail.com; тел.: 067-584-96-91; ORCID: 0000-0001-6838-7924)

Новини

Новини

Новини • Новини • Новини

“Загарбники скоюють екоцид біля Мелітополя, руйнуючи береги річки Молочна. Російські окупанти вже нанесли непоправну шкоду екології регіону. Насправді — планують використати води річки Молочна для наповнення зрошувальних каналів. Таке рішення може призвести до збільшення солоності води в Азовському морі і вплине на ґрунтові води”, — відзначив **Федоров**. За його словами, російські окупанти вже нанесли непоправну шкоду екології регіону, у тому числі, засмітили аграрні землі мінами та оборонними спорудами, влаштували полігони на землях Приазовського нацпарку та спустошили зрошувальні канали, підірвавши Каховську ГЕС.