

57
H34

ISSN 2078-2357

Наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка**

Серія: біологія



1 (75)

2019

57
НЗУ



Наукові закрески

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
Серія: Біологія**

**Scientific Issues
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University
Series: Biology**



**1 (75)
2019**

Бібліотека Тернопільського
національного педагогічного
університету ім. В. Гнатюка



886483

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2019. — № 1 (75). — 178 с.

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
від 26.03.2019 р. (протокол № 10)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Головний редактор

Н. М. Дробик доктор біологічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Заступники головного редактора

В. В. Грубінко доктор біологічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

О. Б. Столяр доктор біологічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Члени редакційної колегії

І. В. Азізов доктор біологічних наук, професор (Баку, Азербайджан)

М. М. Барна доктор біологічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

О. І. Боднар кандидат біологічних наук (Тернопіль, Україна)

В. І. Бумейстер доктор медичних наук, професор (Суми, Україна)

С. Н. Вадзюк доктор медичних наук, професор (Тернопіль, Україна)

Р. Й. Гончарова доктор біологічних наук, професор (Мінськ, Білорусь)

Л. Р. Грицак кандидат біологічних наук (Тернопіль, Україна)

П. Жимські кандидат біологічних наук габілітований (Польща)

І. Я. Капрусь доктор біологічних наук, професор (Львів, Україна)

В. З. Курант доктор біологічних наук, професор (Тернопіль, Україна)

В. Г. Кур'ята доктор біологічних наук, професор (Вінниця, Україна)

О. В. Лукаш доктор біологічних наук, професор (Чернігів, Україна)

Н. В. Пасечко доктор медичних наук, професор (Тернопіль, Україна)

С. В. Пида доктор сільськогосподарських наук, професор (Тернопіль, Україна)

Г. І. Фальфушинська доктор біологічних наук (Тернопіль, Україна)

Г. Федак кандидат біологічних наук (Оттава, Канада)

М. М. Федоряк доктор біологічних наук, професор (Чернівці, Україна)

В. О. Хоменчук кандидат біологічних наук, доцент (*відповідальний секретар*)
(Тернопіль, Україна)

М. Шандор доктор габілітований, професор (Мошонмадяровар, Угорщина)

Коректори: О. С. Вербовецька

Т. І. Белей

Комп'ютерна верстка: Г. М. Голінсей

А. І. Герц

О. Б. Мащук

Адреса редакції:

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2

м. Тернопіль, 46027

E-mail: journal@chem-bio.com.ua

http://journals.chem-bio.com.ua

Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом

За зміст, авторську позицію та достовірність наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність несуть автори.

ЗМІСТ

БОТАНІКА

- Л.Я. КОЗИРА, Н.Й. СЕМЕНОВИЧ
ДИНАМІКА ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЇ *CROCUS*
HEUFFELIANUS HERB. У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ "МЕДОБОРИ"
ЗА ОСТАННЄ ДЕСЯТИРІЧЧЯ..... 8

ЗООЛОГІЯ

- І.І. KULAKOVA, L.V. VOROVYOVA
FREE-LIVING MARINE NEMATODES OF THE COASTAL ZONE AREA NEAR
THE SNAKE ISLAND OF THE UKRAINIAN SHELF OF THE BLACK SEA..... 13

БІОХІМІЯ

- О.І. ГОРИН, Г.І. ФАЛЬФУШИНСЬКА
ЕКСТРАКТ МОМОРДКИ ПРИГНІЧУЄ ОКИСНИЙ СТРЕС ТА ЗБІЛЬШУЄ
ГЕМОЛІТИЧНУ СТІЙКІСТЬ ЕРИТРОЦИТІВ КОРОПА ЗА ВПЛИВУ ГЛЮКОЗИ... 21
- В.З. КУРАНТ, В.О. ХОМЕНЧУК
ВПЛИВ ІОНІВ МАНГАНУ, ЦИНКУ, КУПРУМУ ТА ПЛЮМБУМУ НА ВМІСТ
ВІЛЬНИХ АМІНОКИСЛОТ В ОРГАНІЗМІ КОРОПА 28

ГІДРОБІОЛОГІЯ

- О. В. КРАВЦОВА, В. І. ЦЕРБАК, М. І. ЛІНЧУК
ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА РІЗНИХ
КОНЦЕНТРАЦІЙ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ 43
- О.В. STOLIAR, L.L. GNATYSHYNA, V.V. KHOMA, G.H. SPRİNGE
THE APPLICATION OF THE NOVEL INTEGRATIVE INDEX OF OXIDATIVE
STRESS IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT
ON FRESHWATER MOLLUSKS 51

ЕКОЛОГІЯ

- К. КОФОНОВ, О.С. ПОТРОХОВ, О.Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ
ВПЛИВ АМОНІЙНОГО АЗОТУ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОЛОДІ
КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)..... 61
- О.М. МІХЄЄВ, О.В. ЛАПАНЬ, С.М. МАДЖД
БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ¹³⁷Cs 68
- Г.Г. МОСКАЛИК, У.В. ЛЕГЕТА
АЛЕЛОПАТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ
РОСЛИН-ТРАНСФОРМЕРІВ..... 73
- І.О. СИТНІКОВА, Т.В. ФИЛИПЧУК
ПАЛІНОІНДИКАЦІЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ЧЕРНІВЦІ 80
- А.П. СТАДНИЧЕНКО, О.І. УВАЄВА, Д.А. ВИСКУШЕНКО, О.Д. ШИМКОВИЧ
ГЕМОЦИТИ ІНТАКТНОЇ ТА ІНВАЗОВАНОЇ ТРЕМАТОДАМИ ЖАБУРНИЦІ
КИТАЙСЬКОЇ (MOLLUSCA, UNIONIDAE, ANODONTINAE) 87
- М.О. ШТОГРИН, Л.Л. ОНУК, А.О. ШТОГУН, І.В. БОБРИК
ОСОБЛИВОСТІ СТЕПОВИХ ЕКОСИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО
ПАРКУ «КРЕМЕНЕЦЬКІ ГОРИ», ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ 94

ІХТІОЛОГІЯ

- К.М. ГЕЙНА
МОРФО-БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПУЗАНКА
ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОЇ ГИРЛОВОЇ СИСТЕМИ 100
- Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ
ВМІСТ ФЕРУМУ, МАНГАНУ, КОБАЛЬТУ, ЦИНКУ ТА КУПРУМУ
В ОРГАНІЗМІ РИБ ІЗ РІЧОК СЕРЕТ, СТРИПА І ЗОЛОТА ЛИПА 105

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

- В.М. ГАВІЙ, С.О. ПРИПЛАВКО
 ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ
 СОРТУ ЮВІВАТА ЗА ДІЇ СИНТЕТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ 116
- А.І. ГЕРЦ, О.Б. КОНОНЧУК
 ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПЛАНТАФОЛОМ
 НА ДЕЯКІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ І ПРОДУКТИВНІСТЬ
 СОЇ КУЛЬТУРНОЇ (*GLYCINE MAX* MOENCH.) 121
- Л.Р. ГРИЦАК, Н.В. НУЖИНА, Н.М. ДРОБИК
 ОСОБЛИВОСТІ ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ ВИСОКОГІРНИХ ВИДІВ
 РОДУ *GENTIANA* L. ФЛОРИ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ 129
- С.В. ПОЛИВАНИЙ
 ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ
 ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ
 РОСЛИН МАКУ ОЛІЙНОГО 141

ОГЛЯДИ

- Н. М. ПЕТРИК, С. О. ЯСТРЕМСЬКА
 ДОСЯГНЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАМЕДУЛЯРНОГО ГЕМАТОПОЕЗУ
 В СЕЛЕЗІНЦІ (ОГЛЯД) 148

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

- М.М. БАРНА, Л.С. БАРНА
 НАУКОВІ ЧИТАННЯ, ПРИСВЯЧЕНІ 120-РІЧЧЮ ВІДКРИТТЯ ПОДВІЙНОГО
 ЗАПІДНЕННЯ У ПОКРИТОНАСІННИХ РОСЛИН ПРОФЕСОРОМ
 УНІВЕРСИТЕТУ СВЯТОГО ВОЛОДИМИРА С. Г. НАВАШИНИМ 155
- С.В. ПИДА, І.П. ГРИГОРЮК, М.М. БАРНА
 ЛИХОЛАТ ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ – ВІДОМИЙ УЧЕНИЙ-БІОЛОГ,
 НАСТАВНИК, ГРОМАДСЬКИЙ ДІЯЧ (до 60-річчя від дня народження) 165
- І.П. ГРИГОРЮК, В.П. ПАТИКА, С.В. ПИДА
 ПАМ'ЯТІ ВИДАТНОГО ВЧЕНОГО-БІОЛОГА, ПРОФЕСОРА
 ЗІНАЇДИ МАРТИНІВНИ ГРИЦАЄНКО (7.07.1928 – 25.11.2018) 169

- ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ** 173

БОТАНІКА

УДК 581.58.009

doi:10.25128/2078-2357.19.1.1

Л.Я. КОЗИРА, Н.Й. СЕМЕНОВИЧ

Природний заповідник "Медобори"

вул. Міцкевича, 21, смт. Гримайлів, Гусятинський р-н, Тернопільська обл., 48210

e-mail: medobory@gus.tr.ukrtel.net

ДИНАМІКА ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЇ *CROCUS HEUFFELIANUS* HERB. У ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ "МЕДОБОРИ" ЗА ОСТАННЄ ДЕСЯТИРІЧЧЯ

За результатами багаторічних спостережень за *Crocus heuffelianus* Herb., червонокнижним видом природного заповідника "Медобори", що зростає на межі ареалу, проаналізовано динаміку вікової структури популяції. Під час досліджень за останні 10 років на ботанічній пробній площі проводилися обліки рослин різних вікових станів (ювенільних, віргінільних та генеративних), а також фенологічні спостереження. Чисельність виду коливається в межах від 347 до 753 особин. Встановлено, що популяція є повночленною, лівостороннього типу. Лише в 2011 році вона була проміжною.

Середня багаторічна дата початку вегетації – 15 березня, початку цвітіння – 24 березня, масового – 1 квітня, і кінця – 12 квітня. Весь цикл цвітіння становить в середньому 21 день.

Важливим чинником, що має значний вплив на чисельність популяції, є весняне виїдання цибулин та витоптування рослин сарною європейською.

Ключові слова: *Crocus heuffelianus* Herb., вікові стани, природний заповідник "Медобори", фенологія, ценопопуляція, ботанічна пробна площа, ареал

Вступ. Вивчення стану популяції, фенологічних та біологічних особливостей окремих видів рослин – одне з найважливіших завдань на природоохоронних територіях, яке є досить актуальним і на сьогодні.

Crocus heuffelianus Herb. – вид з Червоної книги України зі статусом неоцінений. Це – карпатсько-балканський монтанно-альпійський ендем. Утворює чисельні, великі за площею, здебільшого повночленні популяції. Умови зростання – розріджені листяні та мішані ліси в рівнинних місцевостях переважно в угрупованнях *Quercus-Fagetea* [3]. Його ареал охоплює європейські країни: Боснію, Угорщину, Чехію, Словаччину, Румунію. В Україні *C. heuffelianus* Herb. поширений у південно-західних районах, де проходить крайня східна межа його ареалу. Досить часто трапляється в Карпатах, зрідка – на Поділлі (Тернопільська, Хмельницька і, частково, Вінницька області) [3]. На Тернопільщині зустрічається в лісових масивах Бережанського, Борщівського, Гусятинського, Заліщицького, Тербовлянського, Тернопільського районів [4].

У природному заповіднику "Медобори" відоме лише одне його місцезростання – Вікнянське лісництво, квартал 32 виділ 7, на площі 0,2 га [1]. Вид зростає на межі ареалу однією ценопопуляцією, найчастіше куртинами, за рахунок вегетативного поновлення.

Мета дослідження – вивчення динаміки вікової структури ценопопуляції *C. heuffelianus* Herb. у місці її природного зростання та аналіз особливостей його фенології.

Матеріал і методи досліджень

Головні параметри популяції визначалися за загальноприйнятими методиками та підходами А. Уранова – вивчали чисельність та щільність ценопопуляції. За щільність приймали відношення кількості особин до площі популяції, а за абсолютну чисельність – кількість особин на всю її площу.

Виділення вікових груп проводилося відповідно до класифікації В. І. Мельника [2].

Вирізняли наступні онтогенетичні стани: j – ювенільні рослини, які на першому році життя мають один асимілюючий листок, бульбоцибулину і декілька додаткових коренів, а на другому році життя уже мають по два листки; v – віргінільні рослини, що мають від двох до чотирьох асимілюючих листків, добре розвинену бульбоцибулину, а коренева система рослин містить велику кількість додаткових коренів; g – генеративні рослини, які мають по два-три нижніх і два-три асимілюючих листки, квітконосний пагін та, як правило, одну квітку.

Результати досліджень та їх обговорення

Вивчення стану популяції та фенології *C. heuffelianus* Herb. у заповіднику ведеться з 1995 року на ботанічній пробній площі (БП-2). Ця ділянка знаходиться у середньовіковому грабово-буковому деревостані з повнотою 0,8, у якому підріст формують поодинокі *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Ulmus glabra* Huds., *Fraxinus excelsior* L., *Fagus sylvatica* L., висотою від 0,5 до 1 м. Підлісок рідкий, його складають *Swida sanguinea* L., *Euonymus europaea* L., *Sambucus nigra* L., *Viburnum lantana* L. Загальне проєктивне вкриття трав'яного ярусу 35–40% з переважанням *Asarum europaeum* L., *Galeobdolon luteum* Huds., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Anemone nemorosa* L., *Aegopodium podagraria* L., *Ficaria verna* Huds.

За результатами багаторічних даних *C. heuffelianus* Herb. починає вегетувати у березні. Середня багаторічна дата початку вегетації – 15 березня, найраніша – 27.02.2014 р., а найпізніша – 14.04.1996 р., що пов'язано із затяжною зимою та пізнім початком весни. Початок цвітіння – 24 березня, масового – 1 квітня, а кінець – 12 квітня. Різниця між середніми фенодатами початку і масового цвітіння складає 9 днів, а весь цикл становить в середньому 21 день. Найбільш ранній початок цвітіння був 9.03.2014 р. та 9.03.2017 р., а найбільш пізнім – 18.04.1996 р., що пов'язано із затяжною зимою і наявністю снігового покриву ще у кінці першої декади квітня та пізнім початком весни. Найраніше вид закінчив квітнути 22.03.2001 р., що було обумовлено надмірно теплою II-ю декадою місяця, а найпізніше – 24.04.2013 р., що пов'язано з тривалим прохолодним періодом у квітні.

Досліджувана ділянка має площу 0,1925 га та розбита на 77 облікових площадок розміром 5x5 м, що, на нашу думку, є оптимальним для проведення обліків. Щорічно, починаючи з 1995 року, під час масового цвітіння проводяться обліки рослин. До 2007 року реєструвалися лише два вікових стани *Crocus heuffelianus* Herb. – прегенеративний та генеративний, а з 2007 року досліджується чисельність усіх вікових груп, за винятком проростків, оскільки вони мають підземний тип проростання, та постгенеративних, що візуально не завжди відрізняються від вегетативних особин [1].

Узагальнення даних по чисельності популяції вперше було зроблено Г. І. Баранчук [1] за період досліджень з 1995–2008 рр., а з 2009 – авторами цієї розвідки. Результати досліджень за весь період подано на рис. 1.

За останні 10 років чисельність виду коливалась від 347 до 753 особин. Середня щільність рослин становила 0,27 ос./м². Найвищою вона була у 2016 та 2018 роках – 0,39 та 0,38 ос./м², а найнижчою – 0,09 ос./м² у 2005 році. Максимальну кількість рослин зафіксовано у 2018 році на 7 обліковій площадці – 165 особин (щільність – 6,6 ос./м²). Досить високою вона була на цій площадці у 2015–2016 роках, відповідно 100 (4,0 ос./м²) та 111 (4,4 ос./м²) особин.

Найвища чисельність вегетативних рослин спостерігалася у 2009 та 2016 роках, що свідчить про добре насінневе та вегетативне поновлення виду й сприятливі умови для проростання насіння. У 2012 та 2013 рр. вона була найнижчою, що обумовлено значним випасанням, витоптуванням і виїданням цибулин сарною європейською, про що свідчать чисельні лежанки та прикопки на пробній площі в ці роки.

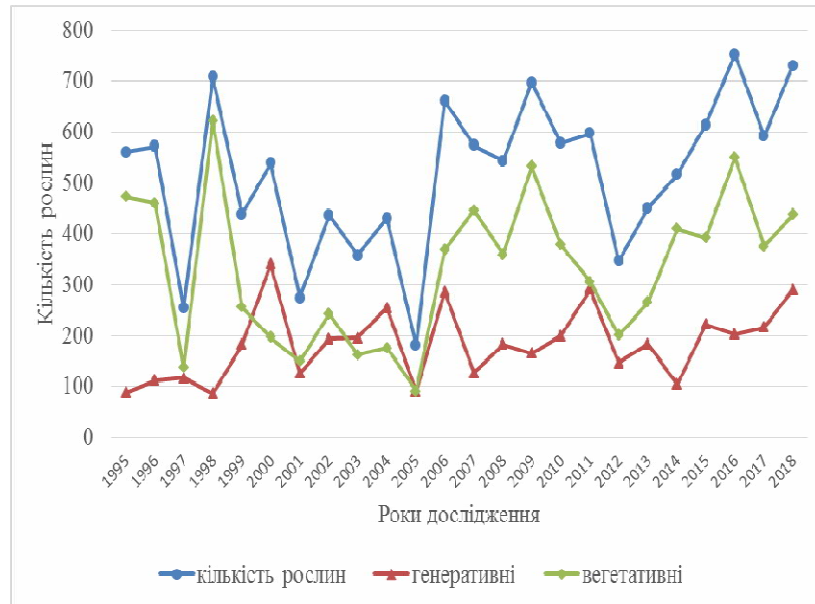


Рис. 1. Динаміка чисельності *Crocus heuffelianus* Herb. на БП-2

Амплітуда чисельності генеративних рослин коливалася від 104 до 292 особин. Найбільше їх обліковано у 2011 та 2018 роках, відповідно 292 та 291 особина. Починаючи з 2008 року, відмічалася зростання їх кількості, яка у 2011 р. досягла максимуму за останнє десятиріччя і становила 49% чисельності облікованих рослин. З 2012 року спостерігався спад генеративних особин до 104 у 2014 році, що є найменшим показником за роки спостережень. З 2015 року знову почався їх ріст до 291 у 2018 році.

Популяція *Crocus heuffelianus* Herb. у заповіднику є повночленною (рис. 2).

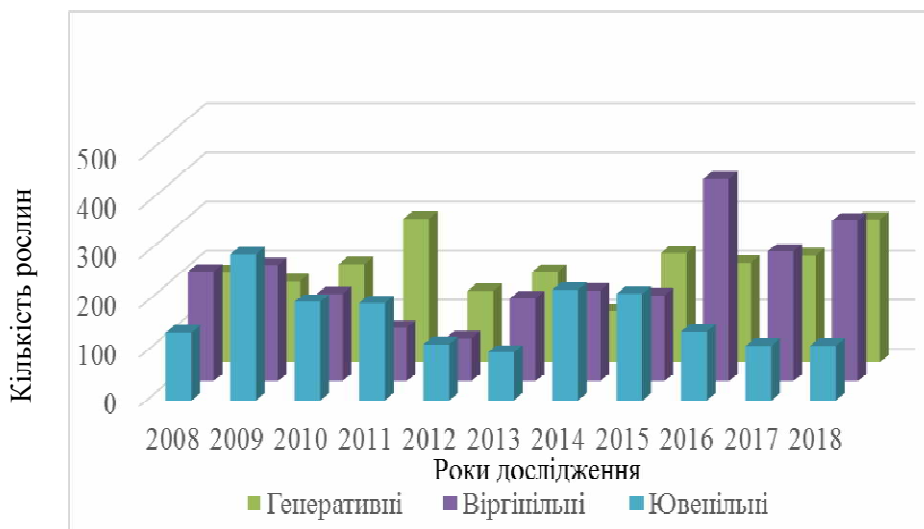


Рис. 2. Динаміка чисельності різних вікових груп *Crocus heuffelianus* Herb.

У 2009 році переважали ювенільні особини – 42%, а у 2013 році їх чисельність становила лише 21%, що становить найменшу кількість за роки спостережень. Для цього вікового стану характерний високий відпад, про що свідчить незначне зростання кількості віргінільних особин у наступні роки. Чисельність ювенільних рослин коливалася від 97 у 2013 році до 296 у 2016. Така низька їх кількість також, очевидно, обумовлена наявністю в попередній рік незначної чисельності генеративних особин, які зав'язали насіння, а в наступний рік проросли. У 2008–

2009 роках кількість віргінільних особин була приблизно однаковою 223–236 екземплярів, а в наступні три роки був відмічений значний спад до 87 особин (25% загальної чисельності), що найменше за роки спостережень. У 2013 році їх було вже вдвічі більше, що також спостерігалось впродовж 2014–2015 рр. Максимум віргінільних особин обліковано у 2016 році – 411, що становило більше половини всіх рослин.

За результатами спостережень чітко прослідковуються такі основні динамічні тенденції ценопопуляції: починаючи з 2008 року по 2018 рік вона була лівосторонньою, із значним домінуванням вегетативних особин, окрім 2011 р., коли популяція була проміжного типу.

Для підтвердження тривалості етапів онтогенезу *C. heuffelianus* Herb. у природних умовах на окремих пробних площадках у 2012 році було відмічено рослини, за якими впродовж наступних років проводилися спостереження. Генеративна рослина, яка впродовж двох років квітнула, у наступному – не цвіла (відмічена прикопка сарни), далі знову перебувала в такому ж стані. Віргінільна та ювенільна рослини впродовж двох років фіксувалися в таких же станах. У наступні чотири роки перша з них була генеративною, а друга у наступні два роки фіксувалася віргінільною.

Таким чином, із проведених спостережень випливає, що як генеративні, так і прегенеративні рослини можуть перебувати в одній стадії впродовж декількох років.

Висновки

Дослідження стану популяції та фенології *Crocus heuffelianus* Herb. у природному заповіднику "Медобори" проводиться з 1995 року. До 2007 року реєструвалися лише два вікові стани: генеративний та прегенеративний. З 2008 р. на пробній площі проводиться облік рослин різних вікових станів, де фіксуються ювенільні, віргінільні та генеративні особини.

Чисельність виду за останні 10 років коливається в межах від 347 до 753 особин. За результатами дослідження встановлено, що популяція є повночленною. Починаючи з 2008 року по 2018 рік вона була лівостороннього типу, із значним домінуванням вегетативних екземплярів, окрім 2011 р., коли її тип був проміжним.

За результатами фенологічних спостережень встановлено, що середня багаторічна дата початку вегетації – 15 березня, початку цвітіння – 24 березня, масового – 1 квітня, а кінця – 12 квітня. Весь цикл цвітіння триває в середньому 21 день.

Важливим чинником, що має значний вплив на стан чисельності популяції виду в заповіднику, є весняне виїдання цибулин та витоπτування рослин сарною європейською. Це відмічається майже щорічно, про що свідчить наявність значної кількості свіжих лежанок та прикопок.

1. Вибирана Г. І. Стан популяції *Crocus heuffelianus* Herb. у природному заповіднику "Медобори". Наукові основи збереження біотичної різноманітності : зб. матеріалів дев'ятої наук. конф. молодих учених., 1-2 жовт. 2009 р. Львів: 2009. С.62-64.
2. Мельник В. І. Редкие виды флоры равнинных лесов Украины: Киев: Фитосоцицентр, 2000. 212 с.
3. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
4. Черняк В. М. Синиця Г. Б. Рідкісні та зникаючі рослини Тернопільщини з Червоної книги України : монографія. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2008. 224 с.

References

1. Vybyrana H. I. Stan populiatsii *Crocus heuffelianus* Herb. u pryrodnomu zapovidnyku "Medobory". Naukovi osnovy zberezhenia biotychnoi riznomanitnosti : zb. materialiv dev'iatoi nauk. konf. molodykh uchenykh., 1-2 zhovt. 2009 r. L'viv: 2009. S.62-64. (in Ukrainian).
2. Mel'nik V. I. Redkie vidy flory ravninnykh lesov Ukrainy: Kiev: Fitosotsiotsentr, 2000. 212 s. (in Russian).
3. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyy svit / za red. Ya. P. Didukha. K.: Hlobalkonsal'tynh, 2009. 900 s. (in Ukrainian).
4. Cherniak V. M. Synytsia H. B. Ridkisni ta znykaiuchi roslyny Ternopil'shchyny z Chervonoi knyhy Ukrainy: monohrafiia. Ternopil': Navchal'na knyha – Bohdan, 2008. 224 s. (in Ukrainian).

L.Ia. Kozyra, N.J. Semenovych
Nature Reserve of "Medobory", Ukraine

THE CROCUS HEUFFELIANUS HERB'S AGE STRUCTURE DYNAMICS IN NATURE RESERVE OF "MEDOBORY" FOR THE LAST DECADE

Based on the long-term observations of *Crocus heuffelianus* Herb., the Red Book species of "Medobory" Nature Reserve, growing on the boundary of the area, the dynamics of the population age structure has been analysed. The study of the population and phenology has been conducted since 1995 at the Botanical Experimental Area (BP-2), which is located in Viknianske forestry (square 32, board 7) and covers an area of 0.1925 hectares.

The number and density of the cenopopulation have been studied. The ratio of the number of individuals to the area of the population is taken for the density, and the number of individuals in its entire area – for the absolute number. The number of species ranged from 347 to 753 individuals. The average plant density is 0.27 individuals per square meter. The highest index was in the years 2016 and 2018 – 0.39 and 0.38 individuals per square meter, and the lowest was in 2005 – 0.09 individuals per square meter.

During the investigating over the past decade, surveys of plants of different ages (juvenile, virgin and generative), as well as phenological observations were conducted. Allocation of age groups was carried out in accordance with the classification of Melnyk V.I.

The population of *Crocus heuffelianus* Herb in the Reserve is established as a full-fledged and left-handed. Only in 2011 it was intermediate.

According to the results of phenological observations, the average long-term date of the vegetation onset is the 15th of March, the beginning of flowering – the 24th of March, the mass flowering – the 1st of April and the end - the 12th of April. The entire flowering cycle is 21 days on average.

An important factor that has a significant impact on the state of the population of the species in the Reserve is the spring sowing of bulbs and tufts of plants by sultry European. It is pointed out almost every year, and evidenced by the presence of numerous fresh lanterns and ditches.

Key words: Crocus heuffelianus Herb., age-related states, "Medobory" Nature Reserve, phenology, cenopopulation, botanical trial area, natural habitat

Надійшла 17.12.2018.

ЗООЛОГІЯ

УДК 592.(210.5) (262.5)

doi:10.25128/2078-2357.19.1.2

I.I. KULAKOVA, L.V. VOROBYOVA

Institute of Marine Biology NAS of Ukraine
Pushkinskaya str., 37, Odessa, 65011, Ukraine
e-mail: irakulakoff@gmail.com

FREE-LIVING MARINE NEMATODES OF THE COASTAL ZONE AREA NEAR THE SNAKE ISLAND OF THE UKRAINIAN SHELF OF THE BLACK SEA

The species diversity, quantitative parameters and spatial distribution of the free-living marine nematodes in the meiobenthic community of the coastal zone area near the Snake Island, Black Sea, Ukraine shelf, have been studied for the first time. In total of 47 species from 5 orders, 14 families and 31 genera were registered. The representatives of orders Monhysterida and Enoplida were most abundant. The results of the comparative analysis of nematode assemblage in dependence of the substrate type are described. The percentage of nematodes in total meiobenthos in piers fouling consisted of 16% only, but on silt bottoms it reached 60.8%. The species diversity also increases on silt bottoms. Four nematode species are registered in piers fouling, but 36 on silts. The omnivores-carnivores consisted of 50% of the nematode assemblage in piers fouling. On silts, the percentage of non-selective deposit feeders reached 47%, but epistrate feeders decreased up to 14%.

Key words: free-living marine nematodes, meiobenthos, Black Sea, Ukrainian shelf, Snake Island

The Snake Island is a landform located in contact zone of the sea and riverine waters in front of the Danube River mouth. The most powerful ecotone in the Black Sea, the zone of co-existence of two ecosystems (limnetic and marine) is formed here. The salinity of the sea water in the dwelling levels near the Snake Island is significantly higher than in the other parts of the North-Western Black Sea. So, in 2005 the salinity of the coastal waters of the island was 18.2–18.7‰.

The studies, provided in the mid-80s, showed that the zoobenthos species diversity in the island coastal zone is much richer than in the other areas of the North-Western Black Sea. The biota of this region is the source gene pool for communities inhabiting the entire North-Western Black Sea shelf. This North-Western Black Sea is affected by regular hypoxia, which results in the mass death of bottom dwellers in estuarine areas [4]. Therefore, the populations of the island coastal inhabitant play a role in biological restoration of the other Black Sea regions [4].

The North-Western Black Sea is under the conditions of regular dwelling hypoxia. The important feature of the island coastal waters is the fact that they did not fully experience the environmental shocks that occurred in the 1970-1980s in the rest of the north-western shelf [2]. First of all, it applies to the phenomena of seasonal benthic hypoxia, which is consequence of anthropogenic eutrophication of the sea, and the mass death of benthic invertebrates and fish [1, 5]. The macrofauna of the island coastal waters is the source of marine invertebrates' larvae (mainly mussels) for the adjacent waters. The coastal area of the island is comparable by the biodiversity of benthic macrofauna with such Black Sea areas as the Gulf of Yavorlyk and the Karadag region.

In total of 25 fish species, mostly lithophilous, belonging to 16 families, are registered in the coastal shelf of the island, at the depths of 1–17 m [13]. Three of them are listed in the Black Sea Red Data Book. The feeding value of meiobenthos for fries and juveniles of commercially important demersal fishes is highest in the island near-shores [19]. Meiobenthos plays a role of feed for juvenile of many fishes, such as gobiides, blenniides, anchovies, grey mullets, etc. The development of larvae and juveniles of fishes, as well as some macrozoobenthos species, depends on the meiobenthic organisms as feed. Unfortunately, the data on this community in the island costal waters are extremely poor.

The free-living nematodes are one of the prevailed meiobenthic taxa in the North-Western Black Sea by frequency and density. The quantitative characteristics and species composition of the nematodes are described for the mentioned water area [6]. The nematodes from the Black Sea bathyal and methane concentration zones are already studied [2]. Also, the meiobenthic nematodes from the western Black Sea shelf are described [23]. The current condition of free-living nematode populations in the Gulf of Odessa, Gulf of Zhebriany (under the strong influence of the Danube flow), and the other North-Western Black Sea parts, are analysed as well [2].

This is attributed to low salinity and low temperature regime. The nematode species diversity in some areas has decreased even more due to heavy anthropogenic impact of the ecosystem in recent years [7–10].

The information about quantitative characteristics of nematodes in the meiobenthos of coastal zone of the Snake Island is poor [2, 4]. The data on taxonomic diversity of the nematode fauna; its trophic structure, spatial distribution, effect of some environmental factors (for example, the substrate type) are still absent. Therefore, the aim of the presented work was the comprehensive study of the nematode assemblage on the coastal off-shores of the Snake Island.

Material and Methods

The benthos was sampled in summer of 1983, 1998, and 2005 in the coastal zone area near the Snake Island. The depth of the studied localities varied from 0.1 to 37 m. The mixed bottom substrate at the depth of 8–15 m consisted of sand and shells. At the depth from 17 till 37 m, silt-shell and silt bottoms prevailed.

The sampling of piers fouling was done using the small frame (size: 10 x 10 cm), benthos' sampling was done by dragger. In total of 33 meiobenthic samples were collected. The samples were preceded due to the standard protocol [3,14,18]. Each of the samples was washed through sieves – 1 mm, 0.250 mm, 0.100 mm and 90 µm mesh size. All of the samples were stained with Congo Red, preserved in 4% formaldehyde and stored in plastic bags. Qualitative composition was made using zoom in Bogorovs' camera. The species identification of the nematodes was provided using light microscope «Konus 5605 Biorex3». For the species identification the old published keys [11, 12], as well as modern databases, such as «NeMys» [16], and Darwin Nematode Electronic Key [20] were used. Shannon-Weaver Index was used for species diversity [21]. For description of the trophic structure of nematode community the Wieser [24] classification was used.

The density (D , $\text{mg}\times\text{m}^{-2}$) and biomass (B , $\text{mg}\times\text{m}^{-2}$) of nematodes were calculated for data analysis. The frequency (P , %) was calculated percentage of nematodes in total meiobenthos:

$$P = \frac{a \times 100}{A}, \text{ where } A - \text{total number of samples, } a - \text{number of samples with particular species.}$$

Results and discussion

Totally, 47 nematode species from 5 orders, 14 families and 31 genera occurred in the coastal zone area near the Snake Island (Table 1). The representatives of orders Monhysterida (20 species) and Enoplida (15 species) were most numerous.

Among the representatives of Monhysterida, two species prevailed by frequency and density: *Axonolaimus setosus* ($P=57.3\%$, D varied from 0 to 333,312 $\text{ind.}\times\text{m}^{-2}$, average 34,236 $\text{ind.}\times\text{m}^{-2}$) and *Terschellingia pontica* ($P=48.4\%$, D varied from 0 to 148,250 $\text{ind.}\times\text{m}^{-2}$, average 24,709 $\text{ind.}\times\text{m}^{-2}$). All other representatives of this order were registered with low frequency (10–25.0%) and minimal density (70–5,320 $\text{ind.}\times\text{m}^{-2}$).

Most of species from the order Enoplida were found in just few localities and their density was low, varying from 420 to 3,520 $\text{ind.}\times\text{m}^{-2}$.

Species composition and average density (ind.×m⁻²) of free-living marine nematodes in the coastal zone area near the Snake Island

Taxa	Piers fouling (0–8 m)	Sand-shells (8–15 m)	Silt-shells and silt bottoms (17–37 m)
1	2	3	4
<i>Enoplus littoralis</i> Filipjev, 1918	1676	0	0
<i>E. maeioticus</i> Filipjev, 1916	63	46	0
<i>Enoplus</i> sp.	0	199	35
<i>Oxyonchus dubius</i> (Filipjev, 1918)	0	0	42
<i>Enoploides brevis</i> Filipjev, 1918	0	643	493
<i>Mesacanthion conicum</i> (Filipjev, 1918)	0	0	488
<i>M. heterospiculum</i> Sergeeva, 1974	0	0	1248
<i>Anticoma acuminata</i> (Eberth, 1863)	0	442	499
<i>Viscosia minor</i> Filipjev, 1918	0	162	274
<i>Metoncholaimus demani</i> (Zuz Strassen, 1894)	0	169	0
<i>Oncholaimus campylocercoides</i> De Coninck end Stekhoven, 1933	0	150	0
<i>Oncholaimus</i> sp.	0	84	0
<i>Oxystomina elongata</i> (Butschli, 1874)	0	0	1763
<i>Halalaimus wodjanizkii</i> Sergeeva, 1972	0	0	864
<i>Bathylaimus cobbi</i> Filipjev, 1922	0	46	113
<i>Chromadora nudicapitata</i> (Bastian, 1865)	0	49	687
<i>Chromadorella mytilicola</i> (Filipjev, 1918)	0	42	0
<i>Prochromadorella mediterranea</i> (Micoletzky, 1922)	0	125	563
<i>Chromadorita gracilis</i> (Filipjev, 1922)	0	10	0
<i>Neochromadora poecilosomoides</i> (Filipjev, 1918)	0	357	2592
<i>Paracanthionchus caecus</i> (Bastian, 1865)	104	917	3854
<i>Cobbionema acrocerca</i> Filipjev, 1922	0	0	132
<i>Microlaimus kaurii</i> Wieser, 1954	0	31	0
<i>Monhystera collaris</i> Filipjev, 1922	0	50	544
<i>M. conica</i> Filipjev 1922	0	0	1577
<i>M. rotundicapitata</i> Filipjev, 1922	0	0	1133
<i>Daptonema longicaudatum</i> (Filipjev, 1922)	0	580	220
<i>Daptonema oxycerca</i> (de Man, 1888)	0	130	71
<i>Theristus setosus</i> Butschli, 1874	0	46	0
<i>T. latissimus</i> Filipjev, 1922	0	324	729
<i>Theristus</i> sp.	0	31	116
<i>Sphaerolaimus gracilis</i> De Man, 1976	0	0	621
<i>S. macrocirculus</i> Filipjev ,1918	0	0	563
<i>S. ostreae</i> Filipjev, 1918	0	84	2445
<i>Metalinhomoeus zosterae</i> Filipjev, 1918	0	0	744
<i>Linhomoeus hirsutus</i> Bastian, 1865	188	0	0
<i>Terschellingia pontica</i> Filipjev ,1918	0	983	24709
<i>T. longicaudata</i> De Man, 1907	0	95	2266
<i>Terschellingia</i> sp.	0	448	0
<i>Axonolaimus ponticus</i> Filipjev, 1918	0	146	593
<i>A. setosus</i> Filipjev, 1918	0	309	34236
<i>Odontophora angustilaimus</i> (Filipjev, 1918)	0	0	389
<i>Parodontophora quadristica</i> (Stekhoven, 1950)	0	0	5396
<i>Sabatieria abyssalis</i> (Filipjev, 1918)	0	0	11997
<i>S. pulchra</i> (G. Schneider 1906)	0	646	23868
<i>S. quadripapillata</i> Filipjev,1922	0	0	3344
<i>Araeolaimus</i> gen. sp.	0	0	864

Oxystomina elongata (average 1,762 ind. \times m⁻²) and *Mesacanthion heterospiculum* (average 1,247 ind. \times m⁻²) prevailed by density.

Two species of Chromadorida were registered with prevalence by frequency (53.2%) and high density: *Paracanthonus caecus* had from 560 till 31,098 ind. \times m⁻² (average 3,854 ind. \times m⁻²) and *Neochromadora poecilosomoides* had from 560 till 20,753 ind. \times m⁻² (average 2,594 ind. \times m⁻²). Also, two species from order Araeolaimida, *Sabatieria pulchra* and *S. abyssalis*, had high frequency (up to 60%). The quantitative parameters of their population on most of localities varied from 5,000 to 82,350 ind. \times m⁻², with average 23,868 and 11,997 ind. \times m⁻², correspondingly.

Most of nematodes occurred near the Snake Island have marine origin (79%), but the rest are inhabitants of sea and brackish waters with wide range.

The density of nematodes on sample stations varied from 0 to 666,524 ind. \times m⁻², biomass from 0 to 168.09 mg \times m⁻². Average parameters were: D=49,396 \pm 22,937 ind. \times m⁻², B= 11.08 \pm 5.49 mg \times m⁻².

The Shannon-Weaver Index had high parameters (2.4) on two sampling stations, located on sandy-shell and silt bottoms. Most of the stations are characterized by low parameters of this index (1.1–1.7). The species diversity of nematodes in pier fouling (till 8 m depth) varied from 0 to 0.7, average 0.1. Four from 16 sampling stations on piers have no nematodes in the samples, but the rest have 1–2 species only. In total, four nematode species are registered on pier fouling: *Enoplus littoralis*, *E. maeoticus*, *P. caecus* and *Linhomoeus hirsutus*.

The percentage of nematodes in the total meiobenthos in piers fouling made up only 16%. The maximal density of nematodes in this substrate was 8,000 ind. \times m⁻². Its average density 2,031 \pm 592.6 ind. \times m⁻², but biomass 0.49 \pm 0.14 mg \times m⁻².

On the sand-silt bottom at 8–15 m depth, the Shannon-Weaver Index for nematodes increases, getting in average 1.9. The nematode fauna is represented by 29 species from 5 orders. The orders Monhysterida (41%) and Enoplida (35%) were most frequent. The core of the assemblage was composed by *T. pontica* (average 983 ind. \times m⁻²), *P. caecus* (average 917 ind. \times m⁻²), *S. pulchra* (average 646 ind. \times m⁻²), *Enoploides brevis* (average 643 ind. \times m⁻²), and *Daptonema longicaudatum* (average 580 ind. \times m⁻²).

On the sand-shell bottoms, the percentage of nematodes in total meiobenthos was 28.7% with density varied from 2,500 to 12,000 ind. \times m⁻². Its average density was 7,344 \pm 1,690 ind. \times m⁻², but average biomass 1.69 \pm 0.37 mg \times m⁻².

36 nematode species were registered on silt bottoms at the depth 17–37 m. The biodiversity index parameters varied from 1.1 to 2.3 with average 1.9. Except the high proportion of representatives of orders Monhysterida (47%) and Enoplida (28%), the percentage of ones of order Araeolaimida (11%) increases as well. Four species reached maximal number in this biotope: *A. setosus* (34,236 ind. \times m⁻²), *T. pontica* (24,709 ind. \times m⁻²), *S. pulchra* (238,675 ind. \times m⁻²), *S. abyssalis* (11,997 ind. \times m⁻²). Secondary by density were: *Paradontophora quadristicha* (5,395 ind. \times m⁻²), *P. caecus* (3,854 ind. \times m⁻²), *N. poecilosomoides* (2,591 ind. \times m⁻²), *Sphaerolaimus ostreae* (2,444 ind. \times m⁻²).

The percentage of nematodes in total meiobenthos on silt bottom was 60.8%. Their density on this substrate varied between 5,366–666,524 ind. \times m⁻², average density – 130,071 \pm 57,446.7 ind. \times m⁻², average biomass – 29.11 \pm 13.9 mg \times m⁻².

The most important role in the nematode assemblage on all types of bottom was played by non-selective deposit feeders (38%) and omnivores-carnivores (31%). Selective deposit feeders consisted of 13% and prevailed mainly on sand-shell and silt bottoms. They were not observed in piers fouling. And conversely, the frequency of epistrate feeders was increasing in this biotope (25%).

Discussion

We described the nematode fauna in the coastal zone area near the Snake Island of the Black Sea, consisting of 47 species, for the first time. In the assemblage, the core group, presented by *A. setosus*, *T. pontica*, *P. caecus*, *N. poecilosomoides*, *S. pulchra* and *S. abyssalis*, also secondary one, i.e. *P. caecus*, *N. poecilosomoides*, *S. ostreae*, have high tendency to form the community, joined by the other, less dense species.

The nematode assemblage of the Snake Island coastal waters has general tendency for decreasing, comparing to adjacent parts of the Black Sea. Its percentage in the total meiobenthos was only 34%. The nematodes prevailed in the meiobenthos in all high-trophic areas of the Black Sea, consisting of 87-100% of total meiobenthos [2, 8].

The study of the nematode community in the coastal zone area near the Snake Island showed that its quantitative and qualitative characteristics are heterogenous. This is depended on the hydrological conditions, also on substrate of the habitat. Therefore, the percentage of nematodes in fouling was 16% only, but reached 60.8% on silt bottoms. The species diversity and quantitative parameters of nematode populations also higher on silts. Same trend occurred analysing the species richness. So, only four species observed in fouling, but 36 in silts. The maximal parameters of nematode density in fouling reached 8,000 ind. \times m⁻² (average 2,031 \pm 592.6 ind. \times m⁻²), with average biomass 0.49 \pm 0.14 mg \times m⁻². The density of nematodes on silts was reaching 666,524 ind. \times m⁻² (average 130,071 \pm 57,446.7 ind. \times m⁻²), with average biomass (29.11 \pm 13.9 mg \times m⁻²).

The study area is characterised by heterogenous substrate. Big rocks are located directly near the water edge. The space between different rocks is filled with sand, small pebbles and shells. The position and area of these sites are affected by continuous changes depending on the direction and duration of storms. All this factors affects the structure of the nematode fauna.

The free-living marine nematodes are mainly inhabitants of soft bottoms [22]. Our study provided on sand-shell and silt bottoms near the Snake Island confirms these data. The piers are under the influence of waves and winds, therefore the conditions of not suitable not only for sessile fauna, but also for small-sized meiobenthic organisms, such nematodes.

Similar tendency is observed in whole the North-Western Black Sea [7, 9]. The analysis of qualitative and quantitative parameters of nematode assemblage on piers at different depth showed their irregular distribution. For example, 8 nematode species with average density 8667 \pm 349.1 ind. \times m⁻² were registered at the depth of 0.5 m on a pier wall, located in the central part of the Gulf of Odessa [9]. Two species, *Viscosia glabra* (D=3,680 ind. \times m⁻²) and *Anaplostoma viviparum* (D=2,367 ind. \times m⁻²), prevailed at this depth. More deeper, at 1.5-m depth, on the same pier, the nematode density was 43,000 \pm 14,622.9 ind. \times m⁻² with the prevalence of *Chromadora nudicapitata* (D=13,084 ind. \times m⁻²).

The maximal parameters of nematode assemblage observed in sand bottom with shells [9]. Here the average density was 136,667 \pm 24,732.8 ind. \times m⁻², with prevalence of species from the order Enoplida (*V. glabra* (D=36,446 ind. \times m⁻²) and *V. minor* (D=18,222 ind. \times m⁻²) and Chromadorida (*Metachromadora* sp. (D=27,333 ind. \times m⁻²), *T. sabulicola* (D=18,222 ind. \times m⁻²) and *S. pulchra* (D=9,111 ind. \times m⁻²)). Earlier studies showed that valuable concentration of nematodes was observed at summer on silts (average 377,429 \pm 83,690 ind. \times m⁻²), but minimal on shells (average 650 \pm 110 ind. \times m⁻²) [7]. The specificity of the distribution of maximal densities and high diversity of nematodes is their concentration on silts, located in open parts of the north-western Black Sea shelf (average density 530,000 ind. \times m⁻², biomass 1.4 g \times m⁻²). In the sea regions under the strong influence of riverine flow, the nematode fauna is maximally poor (average density 83,000 ind. \times m⁻², biomass 0.2 g \times m⁻²).

The free-living nematodes, as well as the other meiobenthic organisms, form different and complicated communities [17]. Progressing the communities development, different combinations of species appeared. But finally, only stable relations between nematode species survive the environmental conditions.

1. Александров Б.Г. Значение острова Змеиный в формировании биологической продуктивности Черного моря / Б.Г. Александров // Причорноморський екологічний бюлетень. — 2003. — 4, № (10). — С. 117—118.
2. Воробьева Л.В. Мейобентос украинского шельфа Черного и Азовского морей / Л.В. Воробьева — Киев: Наук. думка, 1999. — 300 с.
3. Гальцова В.В. Свободноживущие морские нематоды как компонент мейобентоса губы Чупа Белого моря / В.В. Гальцова // Нематоды и их роль в мейобентосе. — Л.: Наука, 1976. — С. 165—270.
4. Зайцев Ю.П. Биология прибрежных вод о. Змеиный / Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров., С.О. Волков и др. // Доповіди Національної Академії наук України. — 1999. — № 8. — С. 111.

5. Зайцев Ю.П. Значение острова Змеиный в функционировании экосистемы северо-западного шельфа Черного моря / Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров // Вісник ОНУ. — 2005. — 10, Вып. 4. — С. 20—22.
6. Кулакова И.И. Современное состояние фауны свободноживущих нематод северо-западной части Черного моря в условиях антропогенного воздействия / И.И. Кулакова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — Севастополь: МГИ. — 2001. — С. 295—300.
7. Кулакова И.И. Свободноживущие нематоды северо-западной части Черного моря / И.И. Кулакова // Северо-западная часть Черного моря: биология и экология (1967-2003 гг.) Ответств. Ред. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. — К.: Наукова думка, 2006. — Раздел 2, Гл. 6.2. — С. 254-260; Раздел 3, Гл. 1.4. — С. 358—422.
8. Кулакова И.И. Свободноживущие нематоды перифитона искусственных субстратов Одесского залива Черного моря / И.И. Кулакова // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Симферополь, 2014. — Вып. 11. — С. 229—234.
9. Кулакова И.И. Современное состояние фауны свободноживущих нематод Одесского морского региона / И.И. Кулакова // Вісник Одеського нац. ун-ту. Сер. Біологія. — 2013. — 18, Вип. 3(32). — С. 49—60.
10. Кулакова И.И. Сравнительная оценка таксономического разнообразия свободноживущих нематод устьевого взморья украинской части дельты Дуная / И.И. Кулакова // Матеріали VII з'їзду Гідроecологічного товариства (5-8 жовтня, 2015р., м. Київ) Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2015. — № 3-4 (64). — С. 372—375.
11. Платонова Т.А. Класс круглые черви — Nematoda Rudolphi, 1808. / Т.А. Платонова // Определитель фауны Черного и Азовского морей, I. — Киев: Наук. думка. — 1968. — С. 111—183.
12. Филиппьев И.Н. Свободноживущие морские нематоды окрестностей Севастополя / И.Н. Филиппьев // Труды Особой зоологической лаборатории и Севастопольской биологической станции Российской АН. Сер. 2. — Пг., 1918 — 1921. — № 4, Вып. 1, 2. — 614 с.
13. Хуторной С.А. Наблюдения над ихтиофауной острова Змеиный / С.А. Хуторной // Другий з'їзд гідроecологічного товариства України (Київ, 27—31 жовтня 1997 р.): Тези доповідей. — 2. — Київ, 1997. — С. 30—31.
14. Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон) / Л.Л. Численко — Л.: Наука, 1968. — 106 с.
15. Янко В.В. Мейобентос метановых выходов Чёрного моря / В.В.Янко, А.О. Кравчук, И.И. Кулакова — 2017. — Одесса: Феникс. — 240 с.
16. Bezerra T.N. Nemys / T.N. Bezerra, W. Decraemer, U. Eisendle-Flöckner, M. Hodda, O. Holovachov, D. Leduc, D. Miljutin, V. Mokievsky, R. Peña Santiago, J. Sharma, N. Smol, A. Chesunov, V. Venekey, Z. Zeng, A. Vanreusel // World Database of Nematodes. — 2019. <http://nemys.ugent.be> (2019-01-17 accessed).
17. Gerlach S.A. On the importance of marine meiofauna for benthos communities / S.A. Gerlach // Oecologia, 1971. — 6. — S. 176—190.
18. Huling N.C. A manual for the study of meiofauna / N.C. Huling, J.S. // Smithsonian Contribution to Zoology, 1971. — 78. — S. 1—84.
19. Majdi N. Free-living nematodes in the freshwater food web: a review / N. Majdi, W. Traunspurger // Journal of Nematology, 2015. — 47(1). — S. 28—44.
20. Plymouth Marine Laboratory. The Darwin nematode project. — 2002. www.pml.ac.uk/nematode (2019-01-17 accessed).
21. Shannon C. E. The mathematical theory of communication / C.E. Shannon, W. Weaver // Urbana: Univ. of Illinois Press. — 1963. — 177 p.
22. van der Heijden L.H. How do food sources drive meiofauna community structure in soft-bottom coastal food webs? / L.H. van der Heijden, J. Rzeznik-Orignac, R.M. Asmus, D. Fichet, M. Bréret, P. Kadel, L. Beauguard, H. Asmus, B. Lebreton // Marine Biology, 2018. — S. 165—166. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3419-7>
23. Vorobyova L.V. Contemporary state of the meiobenthos in the western Black Sea / L.V. Vorobyova, I.I. Kulakova // (translation from Russian V. I. Lisovskaya, PhD, OB IBSS senior research associate) — Odessa — Astroprint, 2009. — 126 p.
24. Wieser W. Die Beziehung zwischen Mundhöhengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden Nematoden / W. Wieser // Ark. Zool. — 1953. — S. 2. — Bd.4, Hf. 5. — S. 439—484.

References

1. Aleksandrov B.G. Znachenie ostrova Zmeinyy v formirovanii biologicheskoy produktivnosti Chernogo moria / B.G. Aleksandrov // Prichornomors'kiy ekologichniy biuletен'. — 2003. — 4, No (10). — S. 117—118. (in Russian).
2. Vorob'eva L.V. Meyobentos ukrainskogo shel'fa Chernogo i Azovskogo morey /L.V. Vorob'eva — Kiev: Nauk. dumka, 1999. — 300 s. (in Russian).
3. Gal'tsova V.V. Svobodnozhivushchie morskіe nematody kak komponent meyobentosa guby Chupa Belogo moria / V.V. Gal'tsova // Nematody i ikh rol' v meyobentose. — L.: Nauka, 1976. — S. 165—270. (in Russian).
4. Zaytsev Iu.P. Biologіia pribrezhnykh vod o. Zmeinyy / Iu.P. Zaytsev, B.G. Aleksandrov., S.O. Volkov i dr. // Dopovidi Natsional'noi Akademii nauk Ukraїni. — 1999. — No 8. — S. 111. (in Russian).
5. Zaytsev Iu.P. Znachenie ostrova Zmeinyy v funktsionirovanii ekosistemy severo-zapadnogo shel'fa Chernogo moria / Iu.P. Zaytsev, B.G. Aleksandrov // Visnik ONU. — 2005. — 10, Vyp. 4. — S. 20—22. (in Russian).
6. Kulakova I.I. Sovremennoe sostoianie fauny svobodnozhivushchikh nematod severo-zapadnoy chasti Chernogo moria v usloviakh antropogennogo vozdeystviia / I.I. Kulakova // Ekologicheskaiа bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. — Sevastopol': MGI. — 2001. — S. 295—300. (in Russian).
7. Kulakova I.I. Svobodnozhivushchie nematody severo-zapadnoy chasti Chernogo moria / I.I. Kulakova // Severo-zapadnaia chast' Chernogo moria: biologіia i ekologіia (1967-2003 gg.) Otvetstv. Red. Zaytsev Iu.P., Aleksandrov B.G., Minicheva G.G. — K.: Naukova dumka, 2006. — Razdel 2, Gl. 6.2. — S. 254-260; Razdel 3, Gl. 1.4. — S. 358—422. (in Russian).
8. Kulakova I.I. Svobodnozhivushchie nematody perifitona iskusstvennykh substratov Odesskogo zaliva Chernogo moria / I.I. Kulakova // Ekosistemy, ikh optimizatsiia i okhrana. Simferopol', 2014. — Vyp. 11. — S. 229—234. (in Russian).
9. Kulakova I.I. Sovremennoe sostoianie fauny svobodnozhivushchikh nematod Odesskogo morskogo regiona / I.I. Kulakova // Visnik Odes'kogo nats. un-tu. Ser. Biologіia. — 2013. — 18, Vip. 3(32). — S. 49—60. (in Russian).
10. Kulakova I.I. Sravnitel'naia otsenka taksonomicheskogo raznoobrazіia svobodnozhivushchikh nematod ust'evogo vmor'ia ukrainskoy chasti del'ty Dunaia / I.I. Kulakova // Materiali VII z'їzdu Hidroekologichnogo tovaristva (5-8 zhovtnia, 2015r., m. Kyiv) Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol., 2015. — No 3-4 (64). — S. 372—375. (in Russian).
11. Platonova T.A. Klass kruglye chervi — Nematoda Rudolphi, 1808. / T.A. Platonova // Opredelitel' fauny Chernogo i Azovskogo morey, I. — Kyiv: Nauk. dumka. — 1968. — S. 111—183. (in Russian).
12. Filip'ev I.N. Svobodnozhivushchie morskіe nematody okrestnostey Sevastopolia / I.N. Filip'ev // Trudy Osoboy zoologicheskoy laboratorii i Sevastopol'skoy biologicheskoy stantsii Rossiyskoy AN. Ser. 2. — Pg., 1918 — 1921. — No 4, Vyp. 1, 2. — 614 s. (in Russian).
13. Khutornoy S.A. Nabliudeniia nad ikhtiofaunoy ostrova Zmeinyy / S.A. Khutornoy // Drugiy z'їzd gidroekologichnogo tovaristva Ukraїni (Kyiv, 27—31 zhovtnia 1997 r.): Tezi dopovidey. — 2. — Kyiv, 1997. — S. 30—31. (in Russian).
14. Chislenko L.L. Nomogrammy dlia opredeleniia vesa vodnykh organizmov po razmeram i forme tela (morskoy mezobentos i plankton) / L.L. Chislenko — L.: Nauka, 1968. — 106 s. (in Russian).
15. Ianko V.V. Meyobentos metanovykh vykhodov Chernogo moria / V.V. Ianko, A.O. Kravchuk, I.I. Kulakova — 2017. — Odessa: Feniks. — 240 s. (in Russian).
16. Bezerra T.N. Nemys / T.N. Bezerra, W. Decraemer, U. Eisendle-Flöckner, M. Hodda, O. Holovachov, D. Leduc, D. Miljutin, V. Mokievsky, R. Peña Santiago, J. Sharma, N. Smol, A. Chesunov, V. Venekey, Z. Zeng, A. Vanreusel // World Database of Nematodes. — 2019. <http://nemys.ugent.be> (2019-01-17 accessed).
17. Gerlach S.A. On the importance of marine meiofauna for benthos communities /S.A. Gerlach // Oecologia, 1971. — 6. — S. 176—190.
18. Huling N.C. A manual for the study of meiofauna / N.C. Huling, J.S. // Smithsonian Contribution to Zoology, 1971. — 78. — S. 1—84.
19. Majdi N. Free-living nematodes in the freshwater food web: a review / N. Majdi, W. Traunspurger // Journal of Nematology, 2015. — 47(1). — S. 28—44.
20. Plymouth Marine Laboratory. The Darwin nematode project. — 2002. www.pml.ac.uk/nematode (2019-01-17 accessed).

21. Shannon C. E. The mathematical theory of communication / C.E. Shannon, W.Weaver // Urbana: Univ. of Illinois Press. — 1963. — 177 p.
22. van der Heijden L.H. How do food sources drive meiofauna community structure in soft-bottom coastal food webs? / L.H. van der Heijden, J. Rzeznik-Orignac, R.M. Asmus, D. Fichet, M. Bréret, P.·Kadel, L. Beaugeard, H. Asmus, B. Lebreton // Marine Biology, 2018. — S. 165—166. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3419-7>
23. Vorobyova L.V. Contemporary state of the meiobenthos in the western Black Sea / L.V. Vorobyova, I.I Kulakova // (translation from Russian V. I. Lisovskaya, PhD, OB IBSS senior research associate) — Odessa — Astroprint, 2009. — 126 p.
24. Wieser W. Die Beziehung zwischen Mundhölen-gestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden Nematoden / W. Wieser // Ark. Zool. — 1953. — S. 2. — Bd.4, Hf. 5. — S. 439—484.

I. I. Кулакова, Л. В. Воробйова

Інститут морської біології НАН України

ВІЛЬНОЖИВУЧІ МОРСЬКІ НЕМАТОДИ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ О. ЗМІЇНИЙ УКРАЇНСЬКОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ

Резюме: Видове різноманіття, кількісні показники і просторовий розподіл вільноживучих нематод у складі мейобентосу були вперше вивчені в прибережній зоні о. Зміїний (Чорне море, Український шельф). У районі дослідження зафіксовано 47 видів нематод, що відносяться до 5 рядів, 14 родин і 31 роду. Найбільшого поширення набули представники рядів Monhysterida і Eporlida. Частка нематод у загальній чисельності мейобентосу в обростаннях на траверсі пірсу склала лише 16%, тоді як на мулистих ґрунтах вона досягала 60,8%. Видове різноманіття і кількісні показники нематод також збільшуються на мулистому субстраті. Усього в обростаннях було зафіксовано 4 види нематод, тоді як на мулистих ґрунтах виявлено 36 видів. Максимальне значення щільності нематод в обростаннях досягало 8000 екз. · м⁻² (середня щільність – 2031 ± 592,6 екз. · м⁻², середня біомаса – 0,49 ± 0,14 мг · м⁻²). На мулах значення щільності нематод досягали 666 524 екз. · м⁻² (середня щільність – 130 071 ± 57446,7 екз. · м⁻², середня біомаса – 29,11 ± 13,9 мг м⁻²). У обростаннях на траверсі пірсу головну роль відіграють «хижаки» (2В), складаючи 50% всього поселення нематод. На мулистих ґрунтах спостерігається збільшення частки «невибіркових детритофагов» (1В), досягаючи 47% і зменшення частки зіскоблювачів (2А) до 14%.

Ключові слова: вільноживучі морські нематоди, мейобентос, острів Зміїний, Чорне море, Український шельф

Надійшла 29.01.2019.

БІОХІМІЯ

УДК: 612:616-092

doi:10.25128/2078-2357.19.1.3

О.І. ГОРИН, Г.І. ФАЛЬФУШИНСЬКА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 47028
e-mail: falfushynska@tnpu.edu.ua

ЕКСТРАКТ МОМОРДІКИ ПРИГНІЧУЄ ОКИСНИЙ СТРЕС ТА ЗБІЛЬШУЄ ГЕМОЛІТИЧНУ СТІЙКІСТЬ ЕРИТРОЦИТІВ КОРОПА ЗА ВПЛИВУ ГЛЮКОЗИ

Вважають, що включення у схему лікування цукрового діабету фітоекстрактів та природних антиоксидантів може оптимізувати результати терапевтичного втручання. Відтак, метою даного дослідження було встановити вплив момордіки *Momordica charantia* у формі рослинного екстракту та синтезованого фітокомплексу на основі нано-цинк оксиду, а також сполук цинку на інтенсивність гемолізу та показники системи окисного стресу еритроцитів коропа *Cyprinus carpio* за умови їх експозиції в присутності високої концентрації глюкози *in vitro*. Як свідчать одержані результати, за впливу глюкози в еритроцитах зростає кількість продуктів окисного ушкодження ліпідів та протеїнів, порушується баланс системи антиоксидантного захисту, а також збільшується концентрація метилгліоксалу та швидкість гемолізу. За додаткового впливу сполук цинку та фітоекстракту гіркої дині були виявлені ознаки специфічної відповіді молекулярних та клітинних систем щодо різних чинників. Зокрема, цинк піколінат, за окремими винятками, істотно не впливав на досліджувані параметри, тоді як наночастинки ZnO поглиблювали ефекти, спричинені дією глюкози. Момордіка у формі рослинного екстракту та, особливо, у формі синтезованого шляхом зеленого синтезу ZnO-фітокомплексу сприяла зниженню інтенсивності пероксидації ліпідів та протеїнів, глутатіонтрансферазної активності, швидкості гемолізу і концентрації метилгліоксалу, а також збільшенню каталазної активності і глутатіону до базального рівня. Одержані результати вказують на необхідність подальших досліджень антигіперглікемічної активності момордіки та встановлення механізмів її дії.

Ключові слова: *Momordica charantia*, зелений синтез, наночастинки цинк оксиду, фітокомплекс, окисний стрес, гемоліз

Цукровий діабет, відповідно до звітів ВООЗ та ООН, за темпами поширення випереджає відомі неінфекційні захворювання та належить до переліку найбільш небезпечних сучасних викликів світовій спільноті [19, www.who.int]. Зокрема, за останні 20 років кількість нововиявлених випадків діабету зросла майже втричі (з 130 млн у 1990 році до 366 млн в 2011 р) і, більше того, темпи експансії діабету постійно зростають. Істотно, також, збільшується частка населення з метаболічним синдромом і предіабетом (порушеною толерантністю до глюкози): вже зараз у світі їх нараховується більше 500 млн осіб. Від діабету у світі кожних 7 секунд помирає 1 хворий, а кожних 10 секунд на супутні патології хворіють 12 чоловік (www.who.int).

Вважають, що діабет та хронічна гіперглікемія супроводжується глікацією протеїнів, посиленням утворенням активних форм кисню та окисним стресом, які в свою чергу детермінують глибину патологічних змін та супутні патології, насамперед серцево-судинні захворювання [5, 6, 10, 16, 19]. Активні форми кисню беруть участь у регуляції сигналіну інсуліну та визначають розвиток резистентності до нього, яка є одним з ключових факторів ризику за діабету 2 типу [16]. Також, потенційно, через глікацію протеїнів, радикали можуть змінювати структуру та модулювати функції антиоксидантних ензимів, що, в свою чергу, може призводити до швидких і незворотних деструктивних змін як на клітинному, так і на організменному рівні організації біосистем.

З давніх часів лікарські рослини використовувалися для лікування діабету в альтернативних аюрведичних і китайських системах медицини. Відповідно до фармакоеконічного аналізу, найбільш використовуваною у світових масштабах на сьогодні є момордіка (гірка диня) *Momordica charantia*, яка вважається «золотим стандартом» БАД, що володіють гіпоглікемічним та гіполіпемічним ефектами [3, 11, 14]. Разом з тим дані стосовно впливу момордіки на тваринні моделі, окрім гризунів, практично відсутні [14]. Також, обмеженим є визначуваний набір маркерів, який, переважно, включає показники фізіологічного статусу організму або вуглеводного обміну.

Відтак, становило інтерес дослідити вплив екстракту *M. charantia* на ключові показники окисного стресу у еритроцитах коропа, як альтернативної моделі для дослідження механізмів та наслідків гіперглікемії. Ефективність використання даного модельного організму було нами продемонстровано у попередніх роботах [15, 21]. Також, зважаючи на те що діабет може супроводжуватися гіпоцинкемією та гіперциркурією, та збагачення дієти хворих сполуками цинку може забезпечувати переваги у терапії діабету та супутніх патологій [4], екстракт момордіки шляхом зеленого синтезу був збагачений наночастиною цинк оксиду. Зазначене дослідження може становити практичний інтерес з погляду пошуку біодоступної форми цинку для корекції метаболічних захворювань.

Матеріал і методи досліджень

Для дослідження відбирали екземпляри коропа звичайного *Cyprinus carpio* (17–19 см довжиною і масою 270–320 г) зі ставів рибного господарства, розташованого у референційній місцевості на Тернопільщині. Рибу доставляли в лабораторію у 50 л резервуарах з аерованою водою. Експерименти проводилися відповідно до національних та локальних рекомендацій з охорони тварин та відповідно до протоколу Комітету з біоетики Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка (№ 3 від 03.12.2018). Після 7 днів акліматизації до лабораторних умов, у коропа, під впливом анестетика, з серця відбирали цільну кров. Еритроцити виділяли шляхом градієнтного центрифугуванням цільної крові при $1000 \times g$ протягом 15 хв. Після відмивання від лейкоцитарної фракції еритроцити ресуспендували до 10% гематокриту у стерильному інкубаційному середовищі (90,5 мМ NaCl, 3 мМ KCl, 1,3 мМ CaCl₂, 0,5 мМ MgSO₄, 5 мМ глюкози, 1 мМ пірувату, 1 мМ трис-HCl, pH 7,4), стабілізованому гентаміцин сульфатом.

Досліджували ефект цинк піколінату (77 мкмоль), наночастинок ZnO (Sigma) (77 мкмоль), комерційного препарату екстракту плодів *Momordica charantia* (10 мг/мл) і синтезованого методом зеленого синтезу ZnO-фіто комплексу. З цією метою відбирали 25 мл 2,25% комерційного рослинного екстракту і нагрівали до 60-80 С. Потім додавали 10% розчин цинк сульфату, і суміш упарювали до стану темно-жовтої пасти. Після цього отриману субстанцію прожарювали в керамічній посудині при 200 °С протягом 2 хвилин [18]. Отриманий світло-жовтий порошок нано-ZnO-грав'яного комплексу використовували для експозиції.

Тривалість інкубації суспензії еритроцитів із доданками при 20 °С становила 48 год. Клітини крові контрольної групи утримували в 5 мМ розчині глюкози, тоді як еритроцити експериментальних груп – у 40 мМ глюкози та з одночасним внесенням в інкубаційне середовище фітоекстракту та сполук цинку. Досліджена концентрація глюкози знаходиться в діапазоні, апробованому в попередніх дослідженнях на коропових рибах [15, 17].

Каталазну активність [КФ 1.11.1.6] визначали у зразках гемолізату за методом Аєбі [1], який ґрунтується на розкладі гідроген пероксиду каталазою зразка. Досліджувана суміш

містила аліквоту гемолізату у 50 мМ К-фосфатному буфері, рН 7,0 за присутності 15 мМ Н₂О₂ в загальному об'ємі 3,0 мл. Реакцію ініціювали додаванням відповідного об'єму досліджуваної проби і вимірювали поглинання при 240 нм з 60-секундним інтервалом. Ензиматичну активність обчислювали за мілімолярним коефіцієнтом світлопоглинання гідроген пероксиду ($\epsilon = -0,04 \text{ мМ}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) і виражали в мкмоль/(10⁶ клітин \times хв).

Перекисне окиснення ліпідів визначали в гемолізаті після обробки зразку трихлороцтовою кислотою в кінцевій концентрації 30% та характеризували за продуктами взаємодії з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК) – ТБК-активними продуктами (ТБК-АП) [12]. Інтенсивність абсорбції хромогену визначали при 532 нм. Концентрацію ТБК-АП визначали з використанням молярного коефіцієнту екстинкції $1,56 \times 10^5 \text{ М}^{-1} \text{ см}^{-1}$ і виражали у нмоль ТБК-АП/10⁶ клітин.

Концентрацію карбонільних похідних протеїнів (КПП) як маркера окисної деструкції протеїнів, вимірювали в осаді аліквоти гемолізату, попередньо обробленого трихлороцтовою кислотою, шляхом реакції з 2,4-динітрофенілгідразином [12]. Концентрацію карбонільних похідних визначали з використанням молярного коефіцієнту екстинкції $2,1 \times 10^4 \text{ М}^{-1} \text{ см}^{-1}$ при 370 нм і виражали у мкмоль КПП/10⁶ клітин.

Вміст загального глутатіону у гемолізаті визначали після повного відновлення глутатіону за допомогою глутатіонредуктази (*Sigma, США*) з використанням реактиву Елмана [2]. Реєстрували рівень 5-тіонітобензойної кислоти спектрофотометрично при 412 нм. Концентрацію глутатіону визначали за калібрувальною кривою, побудованою з використанням відновленого глутатіону (*Sigma, США*) та виражали як мкмоль ТНБ/10⁶ клітин. Активність глутатіонтрансферази [КФ 2.5.1.18] визначали спектрофотометрично за утворенням адуктів 1-хлоро-2,4-динітробензену із глутатіоном з використанням молярного коефіцієнту екстинкції забарвленого комплексу $\epsilon_{340} = 9.6 \text{ мМ}^{-1} \text{ см}^{-1}$ [9].

Ступінь гемолізу визначали після центрифугування зразків еритроцитів при $5000 \times g$ протягом 10 хв. Концентрацію гемоглобіну в супернатанті реєстрували при 540 нм. За 100% лізису приймали значення супернатанту зразка клітин крові контрольної групи після повного гемолізу еритроцитів шляхом замороження/розмороження. Ступінь гемолізу в досліджуваних зразках розраховували відносно зразка з контрольним гемолізатом [21].

Метилглюксаль вимірювали в аліквоті гемолізату шляхом реакції з 0,2 мМ 2,4-динітрофенілгідразином [7] та визначали концентрацію з використанням молярного коефіцієнту екстинкції $3,36 \times 10^4 \text{ М}^{-1} \text{ см}^{-1}$ при 432 нм і виражали у мкмоль/10⁶ клітин.

Результати вимірів подані у вигляді $M \pm SD$ для 8 зразків крові. Якщо дані згідно тесту Колмогорова-Смірнова не були нормально розподілені, їх трансформували з використанням методу Вох-Сох. Вірогідність відмінності двох рядів параметричних даних обчислювали з використанням *t*-тесту Стьюдента. Вірогідно вважали відмінність між рядами за $p < 0,05$. Аналіз біологічних параметрів здійснювали, використовуючи комп'ютерні програми Statistica v 12.0 та Excel для Windows-2013.

Результати досліджень та їх обговорення

Експозиція еритроцитів коропа за присутності підвищеної концентрації глюкози викликала збільшення вмісту ТБК-АП та карбонільних похідних протеїнів (Рис. 1) на тлі істотного зменшення каталазної активності та концентрації загального глутатіону (Рис. 2). Також збільшувався вміст метилглюксалу, як активного дикарбонільного метаболіту, що утворюється переважно в процесі розпаду глюкози [5], та інтенсивність гемолізу (Рис.1).

Поєднана експозиція еритроцитів з підвищеним вмістом глюкози та цинк піколінату і наноксиду дозволила виявити різні моделі клітинної відповіді на додатковий чинник ($F > 10,2$, $p < 0,01$). Якщо цинк піколінат не викликав помітних змін визначуваних показників за окремими винятками, то наноцинк оксид поглиблював зміни, викликані дією глюкози, а саме посилював процеси окисного ушкодження ліпідів і протеїнів, сприяв гострій активації каталази і викликав ще більш помітне збільшення вмісту метилглюксалу (рис. 1, 2).

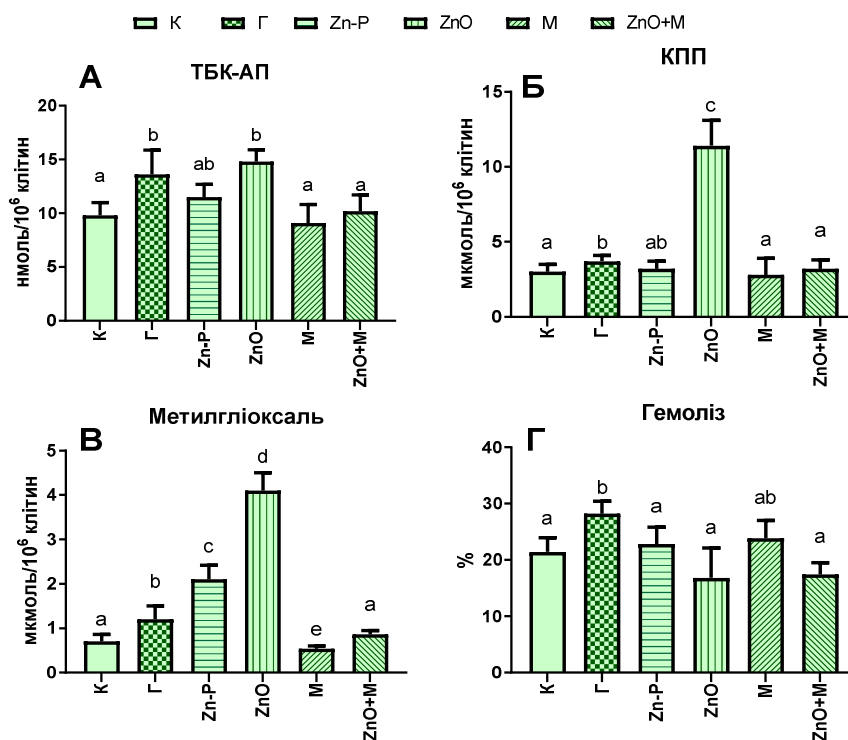


Рис. 1. Показники окисного ушкодження (А, Б), карбонілювання (Б, В) та гемолітичної стійкості (Г) еритроцитів коропа за дії глюкози, сполук цинку (цинк піколілату Zn-P та нанозинк оксиду ZnO) та фітопрепаратів момордіки (М, ZnO+M) *in vitro*

Обробка еритроцитів коропа фітоекстрактом момордіки та, особливо, синтезованим ZnO-фітокомплексом на основі гіркої дині сприяла захисту клітин від окисного ушкодження та карбонілювання, ймовірно шляхом знешкодження надмірного продукування активних форм кисню та збалансування системи антиоксидантного захисту. Більшість визначуваних показників за впливу фітопрепаратів підтримувалися на базальній лінії контролю.

Момордіка вважається «золотим стандартом» БАД, що володіють гіпоглікемічним та гіполіпемічним ефектами та широко використовується в альтернативній медицині, особливо в країнах Азії [3, 14]. У плодах момордіки виявлена низка активних глікозидів, зокрема момордин, чарантин і кукурбітан, які можуть модулювати вуглеводний та ліпідний обмін. Зокрема, з використанням тваринних моделей було показано, що *M. charantia* може регулювати вуглеводний обмін опосередковано через його інгібуючу дію на процеси перетравлення та всмоктування, поглинання глюкози скелетними м'язами, а також за рахунок підвищення чутливості інсуліну [14]. Вживання момордіки зменшувало ймовірність розвитку резистентності до інсуліну у щурів, яких утримували на дієті з підвищеним вмістом фруктози, та сприяло зменшенню окисного стресу в щурів з діабетом, яких утримували на звичайній дієті [11]. Інкубація еритроцитів коропа продемонструвала здатність екстракту момордіки запобігати розвитку окисного стресу у клітині, який є однією з ознак діабету та сприяє розвитку його ускладнень і супутніх патологій, в тому числі нефропатій. Більше того, комбінація нанозинк оксиду з екстрактом плодів момордіки у формі ZnO-фітокомплексу забезпечила з одного боку оптимізацію впливу фітоекстракту (особливо щодо пулу клітинних тіолів) та з іншого – зменшила токсичні прояви цинк оксиду, які він продемонстрував при окремій дії (рис. 1,2).

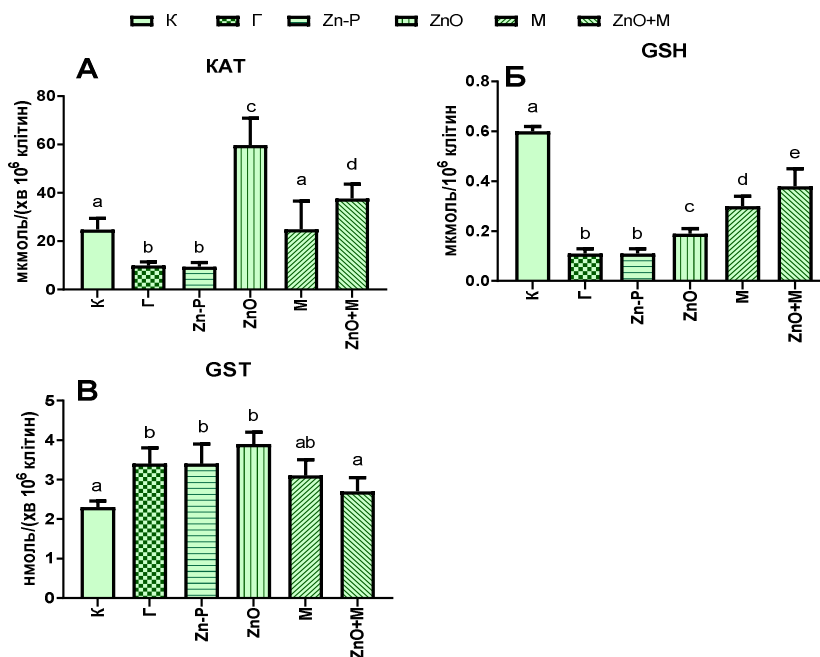


Рис. 2. Показники системи антиоксидантного захисту (А – каталазна активність, Б – концентрація загального глутатіону, В – глутатіонтрансферазна активність) еритроцитів коропа за дії глюкози, сполук цинку (цинк піколінату Zn-P та наноцинка оксиду ZnO) та фітопрепаратів момордіки (M, ZnO+M) *in vitro*

Сполуки, що містять функціональну карбонільну групу можуть пошкоджувати біомолекули шляхом зшивання протеїнів і ДНК, а також інактивувати ферменти глікацією [8, 13]. Наприклад, обробка клітин ендотелію 2-5 мМ розчином метилглюксалу протягом 2 годин стимулювала утворення поперечних зшивок ДНК і сприяла дисфункції тіоредоксин/тіоредоксин-редуктазної системи [13]. Реакційна здатність α, відтак і токсичність карбонілів може сильно варіювати залежно від кількості функціональних груп, будови молекули та стеричних особливостей. На відміну від інших вуглеводів (наприклад, глюкози, гліцеральдегідів і фруктози), метилглюксали, які мають другий карбоніл у α- або β- положенні, мають набагато вищу реакційну здатність і можуть спонтанно модифікувати макромолекули [20]. Відтак, метилглюксаль вважається одним з найбільш потужних глікативних агентів. Як показали наші результати, інкубація еритроцитів коропа в присутності підвищеної концентрації глюкози викликала двократне збільшення вмісту метилглюксалу і лише момордіка, як у формі екстракту так і фіто-ZnO комплексу проявляла протекторний ефект, підтримуючи вміст метилглюксалу на базальному рівні контролю. Більше того, зміни вмісту метилглюксалу та глутатіону були взаємно негативно корельованими ($r=-0,78$, $p<0,001$), що повністю узгоджується з даними отриманими на еритроцитах людини, про потенцію метилглюксалів індукувати окисний стрес шляхом порушення функціональної активності ензимів антиоксидантного захисту, зокрема каталази, супероксиддисмутази і глутатіонпероксидази і зменшуючи рівень глутатіону [5, 8].

Гемоліз вважається одним із супутніх проявів діабету та детермінується низкою чинників. Насамперед, підвищений вміст глюкози у середовищі викликає зміну йонного балансу, мікроархітектоніки поверхні клітини, порушення співвідношення холестерол/фосфоліпідів у мембранах еритроцитів та поступову втрату здатності до деформації клітин [10]. Негативний вплив глюкози потенціюють й цукрознижувальні препарати, зокрема похідні сульфонілсечовини, глібурідів і толбутамідів. Як показали одержані нами результати, гіпертонічний розчин глюкози посилює гемоліз еритроцитів коропа, який, в свою чергу,

успішно коригується сполуками цинку (у тому числі й рекомендованим для вживання діабетикам цинк піколінатом) та досліджуваними фітопрепаратами. Відтак, існує необхідність щодо подальшого дослідження препаратів цинку та фітоекстракту момордіки щодо їх можливості стабілізувати патологічне ушкодження клітин та корегувати ускладнення діабету, зокрема мікроангіопатичну гемолітичну анемію. У літературі такі дослідження обмежені [4].

Відтак, екстракт плодів момордіки та, особливо, синтезований шляхом зеленого синтезу ZnO-фітокомплекс сприяє зменшенню проявів окисного стресу та утворення метилгліюксалу в еритроцитах коропа за їх експозиції в підвищеній концентрації глюкози, а також стабілізує гемолітичну стійкість клітин. Одержані результати демонструють перспективність використання біодоступного комплексу нано-цинк оксиду на основі екстракту момордіки за умов гіперглікемії та вимагають подальших досліджень щодо розширення кола експериментальних моделей та набору показників.

Робота виконана за підтримки МОН України (держбюджетна тема "Дослідження системної ендокринної активності цинку та чинників її оптимізації на моделях холоднокровних тварин").

1. Aebi H. Catalase / H. Aebi // *Methods Enzym Anal.* — 1974. — Vol. 2. — P. 673—684.
 2. Anderson M.E. Determination of glutathione and glutathione disulfide in biological samples / M.E. Anderson // *Methods Enzymology.* - 1985. — Vol. 113. — P. 548-555.
 3. Chaturvedi P. Momordica charantia maintains normal glucose levels and lipid profiles and prevents oxidative stress in diabetic rats subjected to chronic sucrose load / P. Chaturvedi, S. George // *Journal of Medicinal Food. J Med Food.* — 2010. — Vol. 13, issue 3. — P. 520—527.
 4. Cruz K. J. C. Antioxidant role of zinc in diabetes mellitus / K. J. C. Cruz, A. R. S. de Oliveira, D.N. Marreiro // *World Journal of Diabetes.* — 2015. — Vol. 6, issue 2. — P. 333—337.
 5. Evaluation of methylglyoxal toxicity in human erythrocytes, leukocytes and platelets, / A. S. Prestes, M.M. Dos Santos, A. Ecker [et al.] // *Toxicology Mechanisms and Methods.* — 2017. — Vol. 27, issue 4. — P. 307—317.
 6. Giacco F. Oxidative stress and diabetic complications / F. Giacco, M. Brownlee // *Circulation Research.* — 2010. — Vol. 107, issue 9. — P. 1057—1070.
 7. Gilbert R. P. Spectrophotometric determination of methylglyoxal with 2,4-dinitrophenylhydrazine / R. P. Gilbert, R. B. Brandt // *Analytical Chemistry.* — 1975. — Vol. 47, issue 14. — P. 2418—2422.
 8. Glycation of human erythrocyte glutathione peroxidase: effect on the physical and kinetic properties / S. Suravajjala, M. Cohenford, L. R. Frost [et al.] // *Clinica Chimica Acta.* — 2013. — Vol. 421. — P. 170—176.
 9. Habig W.H. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation / W.H. Habig, M.J. Pabst, W.B. Jakoby // *Journal of Biological Chemistry.* - 1974. — Vol. 249. — P. 7130—7139.
 10. James S. H. Microangiopathic hemolytic anemia as a complication of diabetes mellitus / S. H. James, A. M. Meyers // *American Journal of the Medical Sciences.* — 1998. — Vol. 315, issue 3. — P. 211—215.
 11. Joseph B. Antidiabetic effects of Momordica charantia (bitter melon) and its medicinal potency / B. Joseph, D. Jini // *Archive of "Asian Pacific Journal of Tropical Disease.* — 2013. — Vol. 3, issue 2. — P. 93—102.
 12. Lushchak V. I. Indices of oxidative stress. 1. TBA-reactive substances and carbonylproteins / V. I. Lushchak, T. V. Bahniukova, O. V. Lushchak // *Ukrainskii Biokhimičeskii Zhurnal.* — 2004. — Vol. 73, issue 3, P. 136—141.
 13. Methylglyoxal induces DNA crosslinks in ECV304 cells via a reactive oxygen species-independent protein carbonylation pathway / C. Y. Tu, Y. F. Chen, C. K. Lii [et al.] // *Toxicology in Vitro.* — 2013. — Vol. 27. — P. 1211—1219.
 14. Momordica charantia and type 2 diabetes: from in vitro to human studies / S. D.Habicht, C. Ludwig, R.Y. Yang [et al.] // *Current Diabetes Reviews.* — 2014. — Vol. 10, issue 1. — P. 48—60.
 15. *Carassius auratus* As a novel model for the hyperglycemia study/ H. Falfushynska, O. Horyn, L. Gnatyshyna [et al.] // *Ukrainian Biochemical Journal.* — 2019. — Vol. 91, issue 4. — P. 58—69.
 16. Oxidative stress in diabetes mellitus: is there a role for hypoglycemic drugs and/or antioxidants / O.O. Erejuwa // *Oxidative stress disorder.* — 2012. — P. 217—246.
 17. Persistent impaired glucose metabolism in a zebrafish hyperglycemia model / K.M. Capiotti, R.Jr. Antonioli, L.W. Kist [et al.] // *Comparative Biochemistry and Physiology.* — 2014. — Vol. 171B. — P. 58—65.
 18. Ramesh R. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Flower Extract Cassia Auriculata / R. Ramesh, A. Rajendran, M. Meenakshisundaram // *Journal of NanoScience and NanoTechnology.* — 2014. — Vol. 2, issue 1. — P. 41—45.
- 26 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2019, № 1 (75)

19. Rehman K. Mechanism of Generation of Oxidative Stress and Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus: How Are They Interlinked? / K. Rehman, M.S.H.Akash // Journal Cell Biochemistry. — 2017. — Vol. 118 (11). — P. 3577—3585.
20. Rethinking glycolysis: on the biochemical logic of metabolic pathways / A. Bar-Even, A. Flamholz, E. Noor [et al.] // Nature Chemical Biology. — 2012. — Vol. 8. — P. 509—517.
21. Viskupicova J. Effect of high glucose concentrations on human erythrocytes in vitro / J. Viskupicova, D. Blaskovic, S. Galiniak [et al.] // Redox biology. — 2015. — Vol. 5. — P. 381—387.
22. Деклараційний патент України на корисну модель Спосіб індукції гіперглікемії у корошових риб / Г. І. Фальфушинська, О. Б. Столяр, О. І. Горин, В. В. Хома, Л. Л. Гнатишина, Г. Б. Буяк — № у201811223; заявл. 15.11.2018.

References

1. Aebi H. Catalase / H. Aebi // Methods Enzym Anal. — 1974. — Vol. 2. — P. 673—684.
2. Anderson M.E. Determination of glutathione and glutathione disulfide in biological samples / M.E. Anderson // Methods Enzymology. - 1985. — Vol. 113. — P. 548-555.
3. Chaturvedi P. Momordica charantia maintains normal glucose levels and lipid profiles and prevents oxidative stress in diabetic rats subjected to chronic sucrose load / P. Chaturvedi, S. George // Journal of Medicinal Food. J Med Food. — 2010. — Vol. 13, issue 3. — P. 520—527.
4. Cruz K. J. C. Antioxidant role of zinc in diabetes mellitus / K. J. C. Cruz, A. R. S. de Oliveira, D.N. Marreiro // World Journal of Diabetes. — 2015. — Vol. 6, issue 2. — P. 333—337.
5. Evaluation of methylglyoxal toxicity in human erythrocytes, leukocytes and platelets, / A. S. Prestes, M.M. Dos Santos, A. Ecker [et al.] // Toxicology Mechanisms and Methods. — 2017. — Vol. 27, issue 4. — P. 307—317.
6. Giacco F. Oxidative stress and diabetic complications / F. Giacco, M. Brownlee // Circulation Research. — 2010. — Vol. 107, issue 9. — P. 1057—1070.
7. Gilbert R. P. Spectrophotometric determination of methylglyoxal with 2,4-dinitrophenylhydrazine / R. P. Gilbert, R. B. Brandt // Analytical Chemistry. — 1975. — Vol. 47, issue 14. — P. 2418—2422.
8. Glycation of human erythrocyte glutathione peroxidase: effect on the physical and kinetic properties / S. Suravajjala, M. Cohenford, L. R. Frost [et al.] // Clinica Chimica Acta. — 2013. — Vol. 421. — P. 170—176.
9. Habig W.H. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation / W.H. Habig, M.J. Pabst, W.B. Jakoby // Journal of Biological Chemistry. - 1974. — Vol. 249. — P. 7130—7139.
10. James S. H. Microangiopathic hemolytic anemia as a complication of diabetes mellitus / S. H. James, A. M. Meyers // American Journal of the Medical Sciences. — 1998. — Vol. 315, issue 3. — P. 211—215.
11. Joseph B. Antidiabetic effects of Momordica charantia (bitter melon) and its medicinal potency / B. Joseph, D. Jini // Archive of "Asian Pacific Journal of Tropical Disease. — 2013. — Vol. 3, issue 2. — P. 93—102.
12. Lushchak V. I. Indices of oxidative stress. 1. TBA-reactive substances and carbonylproteins / V. I. Lushchak, T. V. Bahniukova, O. V. Lushchak // Ukrainkii Biokhimičeskii Zhurnal. — 2004. — Vol.73, issue 3, P. 136—141.
13. Methylglyoxal induces DNA crosslinks in ECV304 cells via a reactive oxygen species-independent protein carbonylation pathway / C. Y. Tu, Y. F. Chen, C. K. Lii [et al.] // Toxicology in Vitro. — 2013. — Vol. 27. — P. 1211—1219.
14. Momordica charantia and type 2 diabetes: from in vitro to human studies / S. D.Habicht, C. Ludwig, R.Y. Yang [et al.] // Current Diabetes Reviews. — 2014. — Vol. 10, issue 1. — P. 48—60.
15. *Carassius auratus* As a novel model for the hyperglycemia study/ H. Falfushynska, O. Horyn, L. Gnatyshyna [et al.] // Ukrainian Biochemical Journal. — 2019. — Vol. 91, issue 4. — P. 58—69.
16. Oxidative stress in diabetes mellitus: is there a role for hypoglycemic drugs and/or antioxidants / O.O. Erejuwa // Oxidative stress disorder. — 2012. — P. 217—246.
17. Persistent impaired glucose metabolism in a zebrafish hyperglycemia model / K.M. Capiotti, R.Jr. Antonioli, L.W. Kist [et al.] // Comparative Biochemistry and Physiology. — 2014. — Vol. 171B. — P. 58—65.
18. Ramesh R. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Flower Extract Cassia Auriculata / R. Ramesh, A. Rajendran, M. Meenakshisundaram // Journal of NanoScience and NanoTechnology. — 2014. — Vol. 2, issue 1. — P. 41—45.
19. Rehman K. Mechanism of Generation of Oxidative Stress and Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus: How Are They Interlinked? / K. Rehman, M.S.H.Akash // Journal Cell Biochemistry. — 2017. — Vol. 118 (11). — P. 3577—3585.

20. Rethinking glycolysis: on the biochemical logic of metabolic pathways / A. Bar-Even, A. Flamholz, E. Noor [et al.] // *Nature Chemical Biology*. — 2012. — Vol. 8. — P. 509—517.
21. Viskupicova J. Effect of high glucose concentrations on human erythrocytes *in vitro* / J. Viskupicova, D. Blaskovic, S. Galiniak [et al.] // *Redox biology*. — 2015. — Vol. 5. — P. 381—387.
22. Deklaratsiynyy patent Ukrainy na korysnu model' Sposib induktsii hiperhlikemii u koropovykh ryb / H.I. Fal'fushyn'ska, O. B. Stoliar, O. I. Horyn, V. V. Khoma, L. L. Hnatyshyna, H. B. Buiak — No u201811223; zaiavl. 15.11.2018. (in Ukrainian).

O.I. Horyn, H.I. Falfushynska

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

MOMORDICA EXTRACT DIMINISHES OXIDATIVE STRESS SIGNS AND RATE OF HEMOLYSIS IN COMMON CARP RED BLOOD CELLS UNDER THE GLUCOSE TREATMENT

Phytoextracts and natural antioxidants should provide promising results in therapeutic intervention for diabetes mellitus when they include into medical treatment scheme. The present study aimed to investigate the effect of *Momordica charantia* phytoextract alone and in complex-form with nano zinc oxide as well as zinc compounds on rate of hemolysis and oxidative stress parameters in *Cyprinus carpio* red blood cells (RBC) after their exposure to high glucose *in vitro*. The results have shown that the glucose treatment was capable to promote an increase in oxidative damage of lipids and proteins, the break of balance in antioxidant defence and enhance the rate of hemolysis and methylglyoxal concentration. When glucose-treated RBC were probed with *M. charantia* extract, nZnO- *Momordica*, nZnO and zinc picolinate specific response to different co-exposures was disclosed. Zinc picolinate in general had no significant effect on the studied parameters with few exceptions, then ZnO nanoparticles made glucose effects more profound. *Momordica* in herbal extract form and, particularly, in green synthesized ZnO nanoparticle have caused the decrease in lipid and protein peroxidation, glutathione transferase activity, rate of hemolysis and methylglyoxal, and the increase in catalase and glutathione up to control baseline. These results have pointed to the necessity of further investigations of antihyperglycemic activity of *Momordica* and mechanistic explanation of its potentials.

Key words: Momordica charantia, green synthesis, ZnO nanoparticle, phytocomplex, oxidative stress, hemolysis

Надійшла 28.01.2019.

УДК 577.125: (597.551.2+ 597.552.1): 546.723

doi:10.25128/2078-2357.19.1.4

В.З. КУРАНТ, В.О. ХОМЕНЧУК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

ВПЛИВ ІОНІВ МАНГАНУ, ЦИНКУ, КУПРУМУ ТА ПЛЮМБУМУ НА ВМІСТ ВІЛЬНИХ АМІНОКИСЛОТ В ОРГАНІЗМІ КОРОПА

У роботі досліджено динаміку вмісту вільних амінокислот у тканинах коропа за дії на його організм іонів Мангану, Цинку, Купруму та Плюмбуму водного середовища. Показано важливу роль цих метаболітів у процесах обміну у риб за умов впливу на них підвищених концентрацій іонів важких металів. Відмічено використання вільних амінокислот як додаткового субстрату окиснення. Різниця в динаміці досліджуваних показників у м'язах та печінці риб дозволяє зробити висновок про першочергову мобілізацію вільних амінокислот м'язів та наступне використання амінокислот білкових резервів печінки.

Ключові слова: короп, метаболізм, амінокислоти, важкі метали

20. Rethinking glycolysis: on the biochemical logic of metabolic pathways / A. Bar-Even, A. Flamholz, E. Noor [et al.] // *Nature Chemical Biology*. — 2012. — Vol. 8. — P. 509—517.
21. Viskupicova J. Effect of high glucose concentrations on human erythrocytes *in vitro* / J. Viskupicova, D. Blaskovic, S. Galiniak [et al.] // *Redox biology*. — 2015. — Vol. 5. — P. 381—387.
22. Deklaratsiynyy patent Ukrainy na korysnu model' Sposib induktsii hiperhlikemii u koropovykh ryb / H.I. Fal'fushyn'ska, O. B. Stoliar, O. I. Horyn, V. V. Khoma, L. L. Hnatyshyna, H. B. Buiak — No u201811223; zaiavl. 15.11.2018. (in Ukrainian).

O.I. Horyn, H.I. Falfushynska

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

MOMORDICA EXTRACT DIMINISHES OXIDATIVE STRESS SIGNS AND RATE OF HEMOLYSIS IN COMMON CARP RED BLOOD CELLS UNDER THE GLUCOSE TREATMENT

Phytoextracts and natural antioxidants should provide promising results in therapeutic intervention for diabetes mellitus when they include into medical treatment scheme. The present study aimed to investigate the effect of *Momordica charantia* phytoextract alone and in complex-form with nano zinc oxide as well as zinc compounds on rate of hemolysis and oxidative stress parameters in *Cyprinus carpio* red blood cells (RBC) after their exposure to high glucose *in vitro*. The results have shown that the glucose treatment was capable to promote an increase in oxidative damage of lipids and proteins, the break of balance in antioxidant defence and enhance the rate of hemolysis and methylglyoxal concentration. When glucose-treated RBC were probed with *M. charantia* extract, nZnO- *Momordica*, nZnO and zinc picolinate specific response to different co-exposures was disclosed. Zinc picolinate in general had no significant effect on the studied parameters with few exceptions, then ZnO nanoparticles made glucose effects more profound. *Momordica* in herbal extract form and, particularly, in green synthesized ZnO nanoparticle have caused the decrease in lipid and protein peroxidation, glutathione transferase activity, rate of hemolysis and methylglyoxal, and the increase in catalase and glutathione up to control baseline. These results have pointed to the necessity of further investigations of antihyperglycemic activity of *Momordica* and mechanistic explanation of its potentials.

Key words: Momordica charantia, green synthesis, ZnO nanoparticle, phytocomplex, oxidative stress, hemolysis

Надійшла 28.01.2019.

УДК 577.125: (597.551.2+ 597.552.1): 546.723

doi:10.25128/2078-2357.19.1.4

В.З. КУРАНТ, В.О. ХОМЕНЧУК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

ВПЛИВ ІОНІВ МАНГАНУ, ЦИНКУ, КУПРУМУ ТА ПЛЮМБУМУ НА ВМІСТ ВІЛЬНИХ АМІНОКИСЛОТ В ОРГАНІЗМІ КОРОПА

У роботі досліджено динаміку вмісту вільних амінокислот у тканинах коропа за дії на його організм іонів Мангану, Цинку, Купруму та Плюмбуму водного середовища. Показано важливу роль цих метаболітів у процесах обміну у риб за умов впливу на них підвищених концентрацій іонів важких металів. Відмічено використання вільних амінокислот як додаткового субстрату окиснення. Різниця в динаміці досліджуваних показників у м'язах та печінці риб дозволяє зробити висновок про першочергову мобілізацію вільних амінокислот м'язів та наступне використання амінокислот білкових резервів печінки.

Ключові слова: короп, метаболізм, амінокислоти, важкі метали

Вільні амінокислоти відіграють важливу роль у процесах обміну речовин в організмі тварин: вони є субстратом для синтезу структурних та функціональних білків, використовуються в підтриманні енергетичного гомеостазу, є попередниками цілої низки біологічно активних речовин та регуляторів метаболізму.

Метаболізм амінокислот є одним із важливих чинників, який забезпечує біохімічну адаптацію організмів гідробіонтів до змін умов навколишнього середовища [32]. Особливої уваги заслуговує визначення вмісту в тканинах риб вільних амінокислот, оскільки вони є резервами для синтезу білків і нуклеїнових кислот, беруть участь у субстратному забезпеченні ліпогенезу та глюконеогенезу, звільненні та зв'язуванні аміаку, виконують функції нейромедіаторів, використовуються в енергетичному забезпеченні організму [3, 19].

Для окремих видів риб, до яких відноситься і короп, участь амінокислот та білків в енергетичному обміні може складати 50–90%, а окремі амінокислоти служать кращим джерелом енергії, ніж вуглеводи [27].

Організм риб активно окиснює як екзогенні амінокислоти, що утворюються в результаті перетравлювання харчових білків, так і ендогенні, джерелом яких служать процеси метаболічного оновлення білків самого організму. Отже, вільні амінокислоти відіграють важливу роль в організмі риб у забезпеченні багатьох обмінних процесів [19, 21].

Динаміка вільних амінокислот у тканинах риб відображає загальні тенденції метаболізму та стан метаболічного гомеостазу в їх організмі [8]. Значне збільшення пулу вільних амінокислот, як правило, є свідченням посилення катаболічних процесів та мобілізації білків або як джерел енергії, або для використання у адаптивних перебудовах метаболізму та структурних компонентів клітин [18]. Зниження вмісту вільних амінокислот, загалом, є свідченням їх мобілізації як резервних енергетичних ресурсів організму. Зазначені тенденції характерні для організму риб, особливо в умовах стресу, викликаного несприятливою дією чинників водного середовища [21].

Ефекторною щодо амінокислот стресорною дією володіють токсиканти водного середовища, у тому числі іони важких металів [12]. Щодо останніх, то механізм їх впливу на білковий обмін визначається проникністю металів у клітини та хімічною природою, яка визначає здатність до комплексоутворення з білками та амінокислотами в цілому та ферментами зокрема. Крім того, іони важких металів, діючи безпосередньо на ферменти або опосередковано, через утворення регуляторних метаболітів та комплексів, здатні змінювати інтенсивність та напрямок метаболізму. Саме тому в нашій роботі представлено динаміку вмісту вільних амінокислот в тканинах коропа за умови дії на його організм іонів Мангану, Цинку, Купруму та Плюмбуму.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження був короп лускатий – *Cyprinus carpio* L. Для експерименту використовували риб дворічного віку масою 250–300 г, яких відбирали з природних ставків в Тернопільському облрибкомбінаті (урочище Залісці).

Для дослідження риб виловлювали із ставка шляхом тралового відлову промисловим способом. Після цього їх транспортували в лабораторію, де короп утримувався в басейні упродовж 2–3 діб для адаптації в нових умовах. Експерименти проводилися в 200 літрових акваріумах, які заповнювали відстояною водопровідною водою, з підтриманням постійного газового та температурного режимів, що не відрізнялися від природних. Вміст кисню у воді акваріумів становив 7,0–8,0 мг/дм³, вуглекислого газу – 2,2–2,8 мг/дм³. Значення рН було близьким до 7,7–7,9. Вміст основних катіонів та аніонів був близьким до норми згідно вимог технології вирощування риби у ставкових господарствах [22]. Температура в акваріумах, у яких утримувалися контрольні та піддослідні риби, підтримувалася такою ж, як і в природних умовах. Під час експерименту риб не годували.

Вивчався вплив іонів Мангану, Цинку, Купруму та Плюмбуму у двох концентраціях, які відповідали 2 та 5 рибогосподарським гранично допустимим концентраціям (ГДК) [2]. При цьому концентрації досліджуваних металів у перерахунку на іони були наступні: Мангану – 2,4 і 6,0 мг/дм³; Цинку – 2,0 і 5,0 мг/дм³; Купруму – 0,2 і 0,5 мг/дм³ та Плюмбуму – 0,2 і 0,5 мг/дм³. Ці концентрації є такими, що здебільшого використовуються в дослідженнях при вивченні

водних інтоксикацій і викликають формування в організмі риб адаптивної реакції на стрес-фактор [6, 24]. Використання менших концентрацій було б недоцільним з причини відсутнього ефекту їх впливу на досліджувані показники як у гострому, так і в хронічному експериментах.

Інтоксикацію моделювали внесенням у воду акваріумів, де знаходилися дослідні групи риб, солей $MnCl_2 \cdot 4 H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ та $Pb(NO_3)_2$ до досягнення концентрацій іонів вказаних металів, відповідних 2 і 5 ГДК_{риб-госп.} З метою зниження впливу на риб їх власних екзометаболітів воду в акваріумах змінювали кожні дві доби.

Для досягнення стану розвитку та максимального прояву функціонування компенсаторно-адаптивних реакцій до токсиканту аклімацію риб здійснювали впродовж 14 діб. Цей період, за даними автора [25], є достатнім для формування адаптивних реакцій в організмі екзотермних тварин. Слід відзначити, що короткий період експозиції риб в токсичному середовищі (до 14 діб), в силу фазовості відповіді організму на токсичний стрес, не дає можливість прогнозувати дію важких металів у природних умовах, де їх вплив носить хронічний характер. Саме тому нами було використано такий термін експозиції, при якому виявляється адекватна картина формування адаптації організму риб до дії іонів важких металів.

Для дослідження відбирали тканини білих м'язів спини та передньої долі печінки, в яких визначали вміст вільних амінокислот – зразки тканин (200 мг) гомогенізували в розчині Рінгера для холоднокровних (рН=7,2) і центрифугували при охолодженні упродовж 15 хвилин при 3000 об/хв. Супернатант осаджували 2% розчином сульфосаліцилової кислоти. Іонообмінну хроматографію вільних амінокислот проводили на приладі ААА-339 (Чехословакія) згідно інструкції [9].

Одержані результати піддавали статистичній обробці за загальноприйнятою методикою з використанням t-критерія Стьюдента для визначення достовірної різниці [14].

Результати досліджень та їх обговорення

Зміна вмісту вільних амінокислот в тканинах коропа при дії іонів Мангану. Манган є мікроелементом, який тісно пов'язаний з білковим обміном: він входить до складу багатьох ферментів, а також активує ряд металоферментних комплексів [17]. Реакції карбоксилювання та декарбоксилювання, що проходять з участю Мангану, відіграють важливе значення в процесі синтезу білків, а також в обміні амінокислот [16].

У результаті проведених досліджень встановлено, що пул вільних амінокислот м'язів та печінки коропа при вмісті у воді підвищених концентрацій іонів Мангану відрізняється від показників у контрольних риб. Характерною особливістю відповіді м'язової тканини на токсичні концентрації іонів Мангану (табл. 1.) було зростання вмісту майже всіх вільних амінокислот за винятком глутамінової кислоти та гліцину.

Так, сумарний вміст вільних амінокислот при 2 ГДК збільшився у 1,2 рази, а при 5 ГДК – в 1,1 рази. Вміст замічних амінокислот при цьому майже не змінюється. Значніші відхилення від контролю при дії на організм риб іонів Мангану виявлені у зростанні вмісту суми незамінних амінокислот. Цей показник збільшувався у 1,4 та 1,3 рази у першій та другій дослідній групах риб, що вказує на високий рівень катаболізму м'язових білків та недостатню активність використання цих амінокислот у процесах адаптації. Оскільки іони Мангану підвищують активність тканинних протеїназ [20], то за дії їх токсичних рівнів зростає протеоліз білків у м'язовій тканині. Нижчий рівень амінокислот (як замічних так і незамінних) при концентрації металу 5 ГДК не можна пояснити зниженням катаболізму білків при збільшенні дози токсиканту. Очевидно, за даних умов більш активно функціонують адаптаційні механізми, що залучають вільні амінокислоти в субстратне забезпечення енергетичних процесів організму риб.

Підвищені концентрації іонів Мангану у воді ведуть до зміни концентрації окремих амінокислот у м'язовій тканині коропа (табл. 1).

Зокрема, як зазначалося раніше, при дії іонів Мангану в м'язах риб спостерігається значне зниження вмісту глутамінової амінокислоти (в 1,9 рази при обох концентраціях металу). Зменшення кількості цієї кислоти може бути пов'язане з детоксикацією аміаку, вміст якого у випадку інтоксикації організму риб іонами важких металів зростає [37]. Знижується при вмісті 2 ГДК металів у воді і концентрація аспарагінової кислоти. У роботі [31] було показано, що

аміди глутамінової та аспарагінової кислот, утворюючись в тканинах за рахунок приєднання вільного аміаку до амінокислот, захищають організм риб від його дії.

Щодо гліцину, то зниження його вмісту можна пояснити тим, що ця амінокислота широко використовується для енергетичного забезпечення організму риб як в нормі, так і при дії токсикантів, якими є іони важких металів [11]. Показано, що гліцин є домінуючою амінокислотою в білих м'язах коропа, яка активно акумулюється в цій тканині і служить своєрідним депо Нітрогену [28].

Слід також відзначити значне зростання в м'язах дослідних риб кількості сірковмісних амінокислот. Зокрема, концентрація цистеїнової кислоти в цій тканині збільшується на 118,8% при 2 ГДК і на 137,7% при 5 ГДК, концентрація цистину на 59,1 і 122,9% та метіоніну на 51,5 і 46,4% відповідно. Відомо, що саме ці амінокислоти активно зв'язують іони двовалентних металів, виступаючи лігандами в цих реакціях [23]. Можливо, таким чином знижується токсична дія досліджуваного металу.

Таблиця 1

Вплив іонів Мангану на вміст вільних амінокислот в м'язах коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	53,0±9,2	116,0±13,1*	126,0±11,4*
2.	Аспарагінова к-та	298,0±10,2	247,0±11,5*	335,0±12,6*
3.	Треонін	855,0±18,3	1125,0±17,4*	992,0±13,9*
4.	Серин	1056,0±11,3	1575,0±29,6*	1708,0±19,7*
5.	Глутамінова к-та	807,0±17,9	432,0±7,9*	425,0±7,0*
6.	Гліцин	2270,0±25,5	1590,0±22,7*	1340,0±21,8*
7.	Аланін	797,0±18,7	929,0±17,5*	473,0±15,5*
8.	Валін	623,0±17,6	993,0±21,3*	855,0±18,1*
9.	Цистин	284,0±13,6	452,0±15,7*	633,0±16,9*
10.	Метіонін	427,0±8,3	647,0±11,8*	625,0±11,9*
11.	Лейцин	617,0±10,5	716,0±17,3*	685,0±20,4*
12.	Ізолейцин	507,0±9,7	709,0±16,9*	656,0±18,6*
13.	Тирозин	316,0±8,4	679,0±18,7*	580,0±19,5*
14.	Фенілаланін	270,0±8,9	465,0±16,3*	838,0±13,7*
15.	Лізин	401,0±19,6	573,0±12,5*	555,0±10,8*
16.	Гістидин	575,0±12,4	617,0±16,3	444,0±14,2*
	Сума амінокислот	10156±13,7	11865±16,6	11270±15,4
	Замінні амінокислоти	5881±14,3	6020±17,1	5620±15,5
	Незамінні амінокислоти	4275±13,2	5845±16,2	5650±15,2

Примітка: * тут і далі різниця вірогідна порівняно з контролем ($P < 0,05$)

Дещо інший характер зміни вмісту вільних амінокислот під впливом іонів Мангану виявлено в печінці піддослідних риб. У цьому органі, на відміну від м'язів, іони Мангану приводять до зменшення вмісту як замінних, так і незамінних амінокислот (табл. 2.). Зокрема, кількість замінних амінокислот знизилася на 12,8% при 2 ГДК металу у воді та на 24,1% при 5 ГДК. У першій дослідній групі вміст незамінних амінокислот становив 83,7% від норми, а у другій – 75,5%.

Сумарна кількість амінокислот в печінці дослідних риб знизилася на 14,0 % при концентрації металу 2 ГДК та на 24,2 % при 5 ГДК. За дії іонів Мангану відбувається прискорення процесів окислення амінокислот у печінці і активація ними таких біосинтетичних процесів як глюконеогенез та ліпогенез [16]. Саме таким чином іони Мангану можуть сприяти перетворенню амінокислот у глюкозу та ліпіди, забезпечуючи цим належний енергетичний та структурний гомеостаз клітин організму риб, що, можливо, має місце і в цьому випадку.

Щодо окремих амінокислот (табл. 2), то при дії іонів Мангану нами виявлено значне зниження вмісту в печінці дослідних риб аспарагінової та глутамінової кислот. Так, кількість

першої амінокислоти знижується на 39,3% при концентрації металу у воді 2 ГДК та на 43,3% при 5 ГДК, а кількість другої – на 30,7 і 51,7% відповідно. Виявлене явище, яке ми спостерігали і у м'язах, може свідчити про активну участь аспарагінової та глутамінової кислот в адаптаційно-компенсаторних процесах у тканинах коропа.

Слід відзначити також значне зниження в печінці дослідних риб концентрації лейцину. Кількість цієї амінокислоти знижується в 1,7 раза при концентрації Мангану 2 ГДК та в 1,8 раза при 5 ГДК. Лейцин у ссавців активно використовується як енергетичний субстрат [29]. Можливо, і в тканинах риб лейцин виконує цю функцію, коли в умовах інтоксикації їх організму є потреба у додаткових джерелах енергії.

Звертає на себе увагу факт зростання в печінці дослідних риб вмісту валіну, серину та гістидину. Особливо значні відхилення від контролю спостерігали в риб, які перебували у воді з коцентрацією іонів Мангану 2 ГДК. Так, зокрема, кількість валіну зростала при цьому в 2,1 рази, серину в 2,2 рази і гістидину в 2,5 рази. Можливо, це пов'язано з тим, що названі амінокислоти є компонентами буферних систем [13]. При більш високій концентрації металу (5 ГДК) починається активніше функціонування цих систем і більшою мірою використовуються згадані амінокислоти.

Таблиця 2

Вплив іонів Мангану на вміст вільних амінокислот в печінці коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	125,0±3,2	64,0±2,2*	34,0±1,3*
2.	Аспарагінова к-та	2058,0±12,7	1249,0±7,6*	1167,0±9,3*
3.	Треонін	1549,0±17,0	1039,0±18,0*	1020,0±25,6*
4.	Серин	1024,0±28,4	2182,0±35,3*	1764,0±28,3*
5.	Глутамінова к-та	1900,0±22,9	1317,0±18,7*	917,0±20,0*
6.	Гліцин	1280,0±12,7	1190,0±12,3*	1390,0±19,7*
7.	Аланін	324,0±8,2	296,0±5,6*	213,0±3,8*
8.	Валін	298,0±14,2	624,0±25,5*	328,0±23,4
9.	Цистин	1382,0±18,5	1046,0±11,8*	995,0±5,3*
10.	Метіонін	1619,0±46,3	1132,0±31,8*	1178,0±42,*0
11.	Лейцин	151,0±7,2	86,0±3,2*	84,0±3,7*
12.	Ізолейцин	196,0±3,6	135,0±3,0*	147,0±3,3*
13.	Тирозин	871,0±16,2	474,0±17,3*	324,0±8,5*
14.	Фенілаланін	599,0±28,7	311,0±12,0*	216,0±12,8*
15.	Лізін	286,0±9,2	212,0±6,3*	295,0±9,6
16.	Гістидин	231,0±7,5	588,0±6,2*	453,0±4,7*
	Сума амінокислот	13895±16,0	11945±13,5	10525±13,8
	Замінні амінокислоти	8964±15,3	7818±13,8	6804±12,0
	Незамінні амінокислоти	4931±16,7	4127±13,2	3721±15,6

Одержані дані свідчать про те, що високі концентрації іонів Мангану у воді впливають на вміст вільних амінокислот в печінці та м'язах коропа, що веде до порушення білкового метаболізму в організмі риб.

Зміна вмісту вільних амінокислот в тканинах коропа при дії іонів Цинку. Цинк є мікроелементом, який міститься в живих організмах у значній кількості. У тканинах риб він сполучається з білками, амінокислотами, пуриновими основами та нуклеїновими кислотами [17]. Більшість цинквмісних білків є ферментами, зокрема протеаза, глутаматдегідрогеназа, протеїназа [16]. При нестачі Цинку в організмі спостерігається порушення синтезу білків та нуклеїнових кислот, мінерального обміну, а також росту та функціонування деяких органів та тканин [17].

Нами досліджено вплив іонів Цинку в кількості 2 та 5 ГДК на вміст вільних амінокислот у м'язах та печінці коропа. Із наведених у табл. 3. даних видно, що в м'язовій тканині сумарна кількість

амінокислот зросла на 13,4% при концентрації металу у воді 2 ГДК та на 7,8% при 5 ГДК. При цьому кількість замінних амінокислот дещо знижувалася при обох досліджуваних концентраціях, а кількість незамінних, навпаки, зростала (на 31,7% при 2 ГДК та на 21,4 % при 5 ГДК).

Значне зростання кількості незамінних амінокислот, як і в дослідях з Манганом, свідчить про високий рівень катаболізму м'язових білків та недостатнє використання цих амінокислот у процесах адаптації. Більш лабільними в цьому відношенні, мабуть, є замінні амінокислоти, рівень яких при дії іонів Цинку знижується.

Із окремих амінокислот, вміст яких збільшується під впливом іонів Цинку найбільше, слід відзначити серин, треонін, валін, цистин та метіонін (табл. 3). Зростання кількості оксикислот, зокрема серину, може відбуватися за рахунок їх утворення з аланіну, вміст якого при дії іонів цинку знижується. Хоча, можливо, спад концентрації аланіну в м'язах відбувається в результаті його участі в глікозо-аланіновому циклі, який активується при інтоксикації організму риб іонами важких металів [7].

Під впливом підвищених концентрацій іонів Цинку в м'язах коропа збільшується кількість усіх сірковмісних амінокислот. Так, концентрація цистеїнової кислоти зростає на 49,0% при вмісті металу у воді 2 ГДК та на 60,8% при 5 ГДК, цистину – відповідно на 58,8% і 92,8% і метіоніну – на 51,5% і 47,1%.

При дії іонів Цинку, як і при дії Мангану, у м'язах дослідних риб знижується вміст гліцину (на 18,3% при 2 ГДК і на 34,6% при 5 ГДК), що свідчить про використання цієї амінокислоти в процесах метаболізму, зокрема в енергетичній його гілці.

Відомо, що іони Цинку досить легко утворюють комплекси з багатьма амінокислотами, впливаючи таким чином на їх метаболізм [23]. Найбільшою мірою це стосується сірковмісних, рівень яких у м'язовій тканині коропа при досліджуваному токсикозі різко зростає. Виявлено також пригнічення високими концентраціями Цинку активності цілого ряду ферментів, що пояснюється їх здатністю до неспецифічної взаємодії з металом [17]. Таким чином відбувається антагоністичне заміщення іонами Цинку іонів інших металів у складі ферментів [26].

Таблиця 3

Вплив іонів Цинку на вміст вільних амінокислот у м'язах коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	51,0±6,7	76,0±8,4*	82,0±7,2*
2.	Аспарагінова к-та	312,0±9,1	214,0±6,3*	285,0±8,5
3.	Треонін	843,0±14,4	1106,0±19,5*	1104,0±12,2*
4.	Серин	962,0±11,9	1405,0±24,6*	1687,0±18,5*
5.	Глутамінова к-та	895,0±13,2	648,0±11,0*	512,0±8,8*
6.	Гліцин	2028,0±23,8	1656,0±20,6*	1327,0±16,2*
7.	Аланін	879,0±16,4	757,0±16,8*	576,0±15,7*
8.	Валін	682,0±19,4	1023,0±24,5*	878,0±18,7*
9.	Цистин	318,0±12,9	505,0±13,6*	613,0±15,4*
10.	Метіонін	431,0±12,9	653,0±17,6*	634,0±15,6*
11.	Лейцин	517,0±9,8	578,0±12,4*	467,0±12,3*
12.	Ізолейцин	495,0±10,4	519,0±11,6	382,0±8,7*
13.	Тирозин	256,0±10,2	428,0±14,3*	486,0±17,6*
14.	Фенілаланін	254,0±6,7	427,0±12,0*	584,0±10,1*
15.	Лізин	513,0±17,3	598,0±15,5*	466,0±12,2
16.	Гістидин	524,0±11,6	705,0±16,2*	657,0±13,4*
	Сума амінокислот	9960±12,9	11298±15,3	10740±13,2
	Замінні амінокислоти	5701±13,0	5689±14,4	5568±13,5
	Незамінні амінокислоти	4259±12,8	5609±16,2	5172±12,9

При дослідженні впливу іонів Цинку на вміст вільних амінокислот у печінці коропа відмічено зростання сумарної кількості амінокислот на 16,9% при вмісті Цинку у воді 2 ГДК та на 26,1 % при 5 ГДК (табл. 4). Ці зміни, головним чином, зумовлює зростання вмісту замінних амінокислот, у той час як рівень незамінних варіює меншою мірою.

Як відомо, Цинку належить важлива роль в активації карбоксипептидази, ферменту, який бере участь у відщепленні амінокислот від поліпептидів з боку карбоксильної групи [1]. Можливо, саме завдяки посиленню активації цього процесу іонами Цинку в печінці дослідних риб зростає вміст як суми вільних амінокислот, так і замінних та незамінних їх представників. У цьому органі можна виділити 2 групи амінокислот за типом відповіді на інтоксикацію організму риб Цинком: 1) при 2 ГДК вміст вільної амінокислоти знижується, а при 5 ГДК збільшується і залишається близьким до контролю: глутамінова кислота, метіонін, ізолейцин, тирозин, гістидин, лізин; 2) вміст амінокислоти збільшується як при 2 ГДК, так і при 5 ГДК: аспарагінова кислота, серин, валін, аланін, фенілаланін (табл. 4).

Виявлено, що у воді при вмісті Цинку в кількості 5 ГДК відхилення від контролю для більшості амінокислот дещо менші, ніж при 2 ГДК. Очевидно, що незначне зростання рівня окремих вільних амінокислот при концентрації іонів Цинку 5 ГДК пов'язано з їх активним використанням у структурних перебудовах та процесах енергетичного забезпечення організму риб.

Із окремих амінокислот варто виділити аспарагінову кислоту, валін та серин, вміст яких у печінці дослідних риб значно зростає. Так, кількість аспарагінової кислоти в печінці коропа збільшується в 2,6 рази при концентрації іонів Цинку 2 ГДК та в 2,9 рази при 5 ГДК, кількість валіну збільшується відповідно в 2,4 і 2,8 рази, а серину – в 1,4 і 1,5 рази.

Слід також відзначити, що концентрація гліцину в печінці дослідних риб майже не відрізняється від концентрації в контрольній групі, що свідчить про те, що названа амінокислота не використовується в адаптаційному процесі в цьому органі.

Таблиця 4

Вплив іонів Цинку на вміст вільних амінокислот у печінці коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	102,0±4,2	83,0±3,5*	30,0±1,8*
2.	Аспарагінова к-та	1540,0±8,4	4047,0±12,7*	4591,0±17,3*
3.	Треонін	1354,0±32,1	1433,0±24,4	1049,0±13,1*
4.	Серин	1063,0±45,8	1449,0±56,7*	1565,0±51,3*
5.	Глутамінова к-та	1810,0±21,6	1292,0±17,8*	1375,0±16,7*
6.	Гліцин	1368,0±30,1	1306,0±23,1	1305,0±18,9
7.	Аланін	217,0±5,8	230,0±7,3	235,0±6,7
8.	Валін	444,0±6,7	1060,0±10,7*	1275,0±18,7*
9.	Цистин	1173,0±12,3	967,0±18,1*	914,0±16,3*
10.	Метіонін	1001,0±11,1	749,0±11,3*	939,0±19,1*
11.	Лейцин	172,0±8,3	124,0±8,4*	94,0±6,8*
12.	Ізолейцин	182,0±7,8	164,0±6,5	179,0±5,3
13.	Тирозин	710,0±12,6	428,0±5,7*	613,0±11,0*
14.	Фенілаланін	389,0±17,9	395,0±19,2	499,0±23,2*
15.	Лізин	263,0±7,9	149,0±4,5*	292,0±10,7
16.	Гістидин	249,0±4,2	196,0±6,9*	222,0±8,6
	Сума амінокислот	12037±14,8	14072±14,8	15177±15,03
	Замінні амінокислоти	7983±17,6	9802±18,1	10628±17,5
	Незамінні амінокислоти	4054±12,0	4270±11,5	4549±13,2

Одержані результати свідчать про вплив, який здійснюють підвищені концентрації іонів Цинку у воді, на вміст в печінці та м'язах коропа вільних амінокислот. Виявлені також тканинні особливості цього показника при дії різних концентрацій досліджуваного металу.

Зміна вмісту вільних амінокислот у тканинах коропа при дії іонів Купруму. Участь Купруму в метаболічних процесах визначається його специфічними фізико-хімічними властивостями [17]. Вони полягають у тому, що іони Купруму більш активно, ніж іони інших металів, реагують з амінокислотами і білками, утворюючи більш стабільні комплекси. Крім того, іони Купруму володіють каталітичними властивостями, які посилюються при зв'язуванні з білковою молекулою [23].

Купрум входить до складу цілої низки ферментів [16]. Цей мікроелемент бере участь у процесах тканинного дихання, кровотворення, а також мінерального та азотного обміну [17]. Надлишок Купруму досить токсично діє на організм, приводячи до атрофії окремих органів та тканин.

Одержані нами дані свідчать про те, що підвищені концентрації іонів Купруму у воді приводять до зміни вмісту вільних амінокислот у тканинах коропа. Особливістю динаміки вільних амінокислот у м'язах коропа в результаті дії іонів Купруму було зростання вмісту більшості із них (табл. 5). При цьому більшою мірою відбувається зростання кількості незамінних амінокислот (на 31,2 % при 2 ГДК та на 9,5 % при 5 ГДК). Виявлений ефект є свідченням того, що токсичний стрес, викликаний дією іонів Купруму, спричиняє посилення катаболізму білків м'язів риб. Тому можна передбачити, що постійні високі рівні іонів Купруму у воді викликать розвиток в організмі риб стрес-катаболічного синдрому, а в кінцевому результаті – загибель організму.

Щодо зміни вмісту окремих амінокислот в м'язах (табл. 5.), то слід звернути увагу на треонін, серин, валін та гістидин, рівень яких при дії підвищених концентрацій іонів Купруму значно зростає. Зокрема, кількість серину збільшується на 35,4% при вмісті металу у воді 2 ГДК та на 82,7% при 5 ГДК, кількість валіну – на 43,4% і 21,8% і кількість гістидину на 55,3% і 71,8% відповідно.

Таблиця 5

Вплив іонів Купруму на вміст вільних амінокислот у м'язах коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	49,0±4,2	36,0±3,9	40,0±4,4
2.	Аспарагінова к-та	346,0±8,7	202,0±5,1*	256,0±6,8*
3.	Треонін	831,0±10,5	1079,0±11,6*	1217,0±14,5*
4.	Серин	912,0±14,6	1235,0±19,6*	1666,0±21,3*
5.	Глутамінова к-та	976,0±12,3	864,0±16,2*	600,0±10,6*
6.	Гліцин	1810,0±22,1	1730,0±18,6*	1330,0±16,2*
7.	Аланін	982,0±18,6	622,0±14,3*	619,0±16,0*
8.	Валін	744,0±25,3	1067,0±29,5*	906,0±19,3*
9.	Цистин	375,0±10,2	563,0±18,4*	568,0±12,4*
10.	Метіонін	455,0±15,5	732,0±21,6*	650,0±21,4*
11.	Лейцин	427,0±10,2	448,0±11,2	268,0±6,7*
12.	Ізолейцин	412,0±12,8	358,0±8,4*	106,0±4,8*
13.	Тирозин	204,0±12,3	196,0±10,6	418,0±18,9*
14.	Фенілаланін	218,0±6,4	430,0±9,8*	258,0±8,3*
15.	Лізін	604,0±15,1	605,0±18,5	318,0±15,9*
16.	Гістидин	510,0±12,9	792,0±19,2*	876,0±16,1*
	Сума амінокислот	9855±13,2	10959±14,8	10096±13,1
	Замінні амінокислоти	5654±12,9	5448±13,3	5497±13,3
	Незамінні амінокислоти	4201±13,6	5511±16,2	4599±13,4

Виявлене явище може бути пов'язане з тим, що названі амінокислоти є компонентами буферних систем [13] і беруть активну участь у підтриманні гомеостазу в організмі риб при інтоксикації. Особливо важлива роль названих амінокислот у процесах осморегуляції. У різних видів риб спектр амінокислот, які беруть участь у цих процесах, дещо відрізняється, але, в основному, це серин, треонін, гліцин, аланін, валін, гістидин [30].

Щодо інших амінокислот, які беруть участь у адаптаціях до несприятливих умов існування риб, слід відзначити гліцин, рівень якого зменшується, особливо при 5 ГДК металу у воді (на 26,5%). Як вже зазначалося, ця амінокислота є добрим енергетичним субстратом, який активно використовується в стресових умовах [11].

Іншою амінокислотою, вміст якої зазнає значного зниження в результаті дії іонів Купруму, є аланін. Його кількість в м'язах риб зменшується на 36,7 % при обох концентраціях металу у воді, що, можливо, пояснюється участю аланіну в підтриманні метаболічного гомеостазу глюкози в крові риб через його включення у функціонування глюкозо-аланінового циклу [7].

За дії іонів Купруму було відмічено зниження вмісту глутамінової кислоти. Якщо врахувати те, що при посиленні катаболічних процесів в м'язах риб підвищується вміст аміаку, то вказаний ефект стає зрозумілим, оскільки показана участь цієї амінокислоти в процесі детоксикації отруйного для клітин риб аміаку [5]. Таким чином перераховані амінокислоти виступають засобами забезпечення окремих метаболічних систем та чинниками регуляції гомеостазу організму риб.

Слід також звернути увагу на те, що при дії іонів Купруму в м'язах риб в 1,5 раза зростає вміст сірковмісних амінокислот – цистину та метіоніну. Це, на нашу думку, пов'язано з тим, що дані амінокислоти беруть участь у зв'язуванні іонів Купруму в сульфід-органічні комплекси, що сприяє зниженню токсичної дії іонів металу. Підтвердженням сказаного є також аналіз динаміки сірковмісних амінокислот у печінці риб. Вміст цистеїнової кислоти, метіоніну і, особливо, цистину при 5 ГДК зростають, що підтверджує їх суттєву роль у зв'язуванні іонів Купруму (табл. 5).

У результаті дії підвищених концентрацій іонів Купруму вміст більшості амінокислот (як заміінних, так і незамінних) у печінці знижується при 2 ГДК і зростає при 5 ГДК, що свідчить про розвиток стрес-катаболічного синдрому в цьому органі (табл. 6).

Зокрема, кількість заміінних амінокислот при 2 ГДК металу у воді знижується на 18,2%, а незамінних на 19,8%. При 5 ГДК вміст перших у печінці риб зростає на 11,7% (порівняно з контролем), а других – на 15,4%.

Серед окремих амінокислот у печінці риб (табл. 6) слід виділити цистеїнову кислоту, кількість якої зростає при обох концентраціях іонів Купруму у воді (на 31,3% і 29,5%), а також цистин та метіонін, вміст яких підвищується при 5 ГДК (на 32,5 і 20,6% відповідно). Описане є підтвердженням того, що сірковмісні амінокислоти в печінці, як і у м'язах риб, беруть активну участь у процесах зв'язування шкідливих для організму іонів Купруму.

Доступність Купруму, який з травного тракту переходить в кров, визначається, у першу чергу, характером лігандів, які зв'язують цей елемент. У якості останніх можуть виступати щавелева та фумарова кислоти, комплекси яких із Купрумом всмоктуються на 20% швидше, ніж сульфат Купруму, а також комплекси цього металу з амінокислотами, особливо з лейцином [35].

Слід зауважити, що кожна амінокислота здатна утворювати стійкі п'ятичленні хелатні цикли з іонами металу. Якщо в бічному ланцюгу немає донорних груп, то такими виступають аміно- та карбоксильні групи [36]. При зниженні водневого показника амінокислота може координуватися як нейтральний ліганд. Якщо карбоксильна група не бере участі в побудові п'ятичленного хелатного циклу, то утворюється чотирьохчленне кільце, у якому обидва атоми кисню зв'язані з металом. Найбільшу здатність до утворення хелатних комплексів виявлено у Купруму [38].

Вплив іонів Купруму на вміст вільних амінокислот у печінці коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	166,0±2,8	218,0±3,0*	215,0±1,7*
2.	Аспарагінова к-та	1760,0±18,2	2095,0±20,7*	2273,0±15,1*
3.	Треонін	2558,0±32,4	1954,0±25,1*	2539,0±19,5
4.	Серин	2066,0±58,4	1691,0±24,3*	2575,0±56,2*
5.	Глутамінова к-та	2607,0±39,2	1385,0±29,6*	1975,0±37,3*
6.	Гліцин	1208,0±16,6	1255,0±18,1	1309,0±18,9*
7.	Аланін	326,0±4,2	275,0±14,3*	308,0±17,6
8.	Валін	310,0±15,8	224,0±15,1*	359,0±11,3
9.	Цистин	2310,0±28,4	1519,0±12,0*	3061,0±25,6*
10.	Метіонін	1691,0±35,3	1213,0±26,3*	2039,0±37,2*
11.	Лейцин	162,0±3,1	150,0±3,2*	201,0±4,2*
12.	Ізолейцин	171,0±5,7	117,0±5,8*	164,0±9,2
13.	Тирозин	544,0±10,4	549,0±16,4	563,0±15,9
14.	Фенілаланін	372,0±8,5	348,0±12,0	458,0±11,6*
15.	Лізин	248,0±5,4	403,0±11,7*	500,0±15,4*
16.	Гістидин	225,0±5,2	194,0±9,2*	360,0±7,1*
	Сума амінокислот	16724±18,1	13590±15,4	18899±19,0
	Замінні амінокислоти	10987±22,2	8987±17,3	12279±23,5
	Незамінні амінокислоти	5737±13,9	4603±13,5	6620±14,4

Отже, іони Купруму в досліджуваних концентраціях активно впливають на метаболізм амінокислот у печінці і м'язовій тканині коропа, зміщуючи його направленість у бік катаболізму.

Зміна вмісту вільних амінокислот в тканинах коропа при дії іонів Плюмбуму. Особливе місце серед важких металів займає Плюмбум, рівень якого в прісних водоймах досить високий. Цей метал є сильним токсикантом для всіх організмів. Іони Плюмбуму порушують обмін речовин і виступають інгібіторами ферментів. При надходженні в організм Плюмбум приводить до порушення синтезу білків та генетичного апарату клітини, а також здійснює гонадотоксичну та ембріотоксичну дію [4]. Проте природа функціональних груп та біомолекул, які є молекулярними мішенями дії цього металу, досліджена недостатньо. Тому актуальним є пошук біохімічних показників, які б найбільш адекватно відображали вплив Плюмбуму на організм гідробіонтів.

У нашій роботі проаналізовано зміни концентрації вільних амінокислот у тканинах коропа, адаптованого до водного середовища із вмістом іонів Плюмбуму в кількості 2 та 5 ГДК. З одержаних даних (табл. 7.) видно, що у м'язах риб зростає сумарний вміст амінокислот на 24,6% при 2 ГДК металу у воді та на 15,7% при 5 ГДК. При цьому збільшується кількість як замінних, так і незамінних амінокислот. Особливо це проявляється при концентрації іонів Плюмбуму, рівній 2 ГДК, при якій вміст замінних амінокислот в м'язах зростає на 21,6%, а незамінних – на 28,9%. У воді при концентрації металу, рівній 5 ГДК, кількість замінних амінокислот майже повертається до норми, а кількість незамінних перевищує її на 35,8%. Із наведеного слідує, що при рівні іонів Плюмбуму у воді в кількості 5 ГДК має місце тенденція до посилення протеолізу білків у м'язовій тканині коропа. Про це свідчить і високий вміст аспарагінової та глутамінової кислот, які активно зв'язують аміак, що утворюється при інтоксикації організму риб (табл. 7).

Вплив іонів Плюмбуму на вміст вільних амінокислот у м'язах коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	63,0±7,2	138,0±12,4*	165,0±13,4*
2.	Аспарагінова к-та	318,0±17,6	834,0±21,8*	521,0±19,9*
3.	Треонін	806,0±11,4	978,0±13,3*	1123,0±18,7*
4.	Серин	972,0±43,7	517,0±22,7*	410,0±17,2*
5.	Глутамінова к-та	1026,0±35,2	1523,0±83,6*	1325,0±66,2*
6.	Гліцин	1970,0±8,5	2020,0±7,7*	1630,0±6,5*
7.	Аланін	826,0±22,1	928,0±25,2*	721,0±26,5*
8.	Валін	912,0±27,6	1620,0±59,4*	1428,0±38,5*
9.	Цистин	317,0±8,2	456,0±9,3*	543,0±11,5*
10.	Метіонін	527,0±18,6	725,0±30,2*	803,0±22,0*
11.	Лейцин	312,0±11,4	924,0±37,4*	820,0±10,4*
12.	Ізолейцин	382,0±12,9	256,0±12,3*	420,0±13,2
13.	Тирозин	282,0±19,3	604,0±22,5*	527,0±16,2*
14.	Фенілаланін	210,0±13,7	162,0±10,2*	378,0±14,3*
15.	Лізин	513,0±19,4	422,0±17,5*	402,0±18,0*
16.	Гістидин	526,0±16,2	312,0±15,4*	312,0±13,6*
	Сума амінокислот	9962±18,3	12419±25,0	11528±20,4
	Замінні амінокислоти	5774±20,2	7020±25,6	5842±22,2
	Незамінні амінокислоти	4188±16,4	5399±24,5	5686±18,6

Слід також відзначити збільшення в м'язах дослідних риб кількості сірковмісних амінокислот, особливо цистеїнової кислоти, концентрація якої зростає в 2,2 рази при вмісті металу у воді 2 ГДК та в 2,6 рази при 5 ГДК. Можливо, що іони Плюмбуму, проявляючи ту ж ступінь окиснення, що і іони Купруму, зв'язуються в хелатні комплекси цими амінокислотами.

Характерною реакцією печінки на підвищені концентрації Плюмбуму було незначне зниження (на 4,7%) суми амінокислот при 2 ГДК та підвищення цього показника на 10,6% при 5 ГДК (табл. 8). Аналогічна тенденція спостерігалася в печінці і у зміні вмісту замінних амінокислот.

Кількість незамінних амінокислот зростала пропорційно концентрації металу у воді – на 6,8% при 2 ГДК та на 21,7% при 5 ГДК, що може свідчити про посилення процесів катаболізму в цьому органі.

Підвищені кількості іонів Плюмбуму у воді приводили до суттєвих змін концентрацій окремих амінокислот в печінці риб (табл. 8).

Серед них слід виділити цистин та метіонін, вміст яких у печінці риб, які утримувалися у воді з концентрацією іонів Плюмбуму 5 ГДК, зростає на 54,2% і 75,9% відповідно. На відміну від названих сірковмісних амінокислот, вміст лейцину в печінці дослідних риб при обох досліджених концентраціях металу знижується (на 34,4% при 2 ГДК і на 57,8% при 5 ГДК), що свідчить про активне його використання як енергетичного субстрату.

Результати наших досліджень узгоджуються з даними авторів, які спостерігали подібні зміни деяких показників азотого обміну в тканинах коропа при дії на його організм іонів Плюмбуму [10]. Вони полягають у зміщенні азотого метаболізму в бік активації процесів катаболізму, а також включення адаптивних систем, які забезпечують виведення його кінцевих продуктів.

Вплив іонів Плюмбуму на вміст вільних амінокислот у печінці коропа (нмоль/г вологої тканини, $M \pm m$, $n=5$)

№ п/п	Амінокислота	Контроль	2 ГДК	5 ГДК
1.	Цистеїнова к-та	185,0±15,2	67,0±12,3*	138,0±17,3
2.	Аспарагінова к-та	1270,0±12,4	1815,0±16,2*	2012,0±22,6*
3.	Треонін	1824,0±92,7	1254,0±51,5*	1082,0±38,5*
4.	Серин	2765,0±53,5	1810,0±38,6*	2217,0±43,2*
5.	Глутамінова к-та	2025,0±42,4	1324,0±38,2*	1872,0±32,6*
6.	Гліцин	1512,0±23,4	1973,0±12,4*	1328,0±19,5*
7.	Аланін	425,0±5,2	361,0±3,2*	565,0±12,5*
8.	Валін	316,0±12,5	815,0±22,5*	1067,0±36,2*
9.	Цистин	1254,0±28,6	1012,0±18,9*	1934,0±23,7*
10.	Метіонін	1826,0±55,7	2587,0±68,3*	3212,0±76,2*
11.	Лейцин	192,0±3,5	126,0±2,5*	81,0±2,2*
12.	Ізолейцин	132,0±4,2	141,0±8,2	225,0±4,8*
13.	Тирозин	625,0±18,4	610,0±12,6	466,0±8,7*
14.	Фенілаланін	452,0±13,1	408,0±10,4*	522,0±16,6*
15.	Лізін	325,0±12,4	217,0±8,3*	126,0±6,7*
16.	Гістидин	237,0±8,4	115,0±6,2*	142,0±9,5*
	Сума амінокислот	15365±25,1	14635±20,6	16989±23,2
	Замінні амінокислоти	10061±24,9	8972±19,0	10532±22,5
	Незамінні амінокислоти	5304±25,3	5663±22,2	6457±23,8

Висновки

Підсумовуючи все сказане, можна зробити висновок про важливу роль вільних амінокислот у процесах метаболізму в організмі коропа при дії на нього підвищених концентрацій іонів важких металів. При досліджуваному токсикозі амінокислоти піддаються деградації з утворенням продуктів розпаду, якими можуть бути 2-оксиглутарат, сукциніл-КоА, фумарат, оксалоацетат та піруват. Перші чотири є ще і проміжними сполуками циклу трикарбонових кислот, у той час як піруват може при дії піруватдекарбоксилази перетворюватися в оксалоацетат і тим самим ставати субстратом глюконеогенезу. Таким шляхом можуть метаболізувати всі досліджені нами амінокислоти, за винятком лейцину та лізину.

Два продукти розпаду амінокислот (ацетоацетат і ацетил-КоА) не можуть включатися в глюконеогенез в організмі тварин. Вони використовуються для синтезу кетонових тіл, жирних кислот та ліпідів. По цьому шляху метаболізують лейцин та лізін.

Враховуючи те, що в умовах токсикозу у риб в енергетичному забезпеченні організму переважає гліколіз, який значно вичерпує запаси вуглеводів і має порівняно з циклом Кребса меншу здатність до синтезу АТФ, можна вважати вірогідним використання вільних амінокислот як додаткового субстрату окиснення.

Різниця в динаміці досліджуваних показників у м'язах та печінці риб дозволяє зробити висновок про першочергову мобілізацію вільних амінокислот м'язів та наступне використання амінокислот білкових резервів печінки.

1. Беренштейн Ф.Я. Микроэлементы в физиологии и патологии животных. Минск: Госиздат, 1966. 146 с.
2. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник. Л.: Химия, 1985. 240 с.
3. Быков В.П. Белки и небелковые азотистые вещества рыб / Биологические ресурсы гидросферы и их использование. М., 1980. С.106-130
4. Вредные химические вещества. Справочник / Под. ред. В.А. Филова. – Л.: Химия, 1988. – 512 с.

5. Грубинко В.В. Роль глутаміна в забезпеченні азотистого гомеостазу у риб (обзор). Гидробиол. журн. 1991. Т.27, №4. С. 48–56.
6. Грубінко В.В. Адаптивні реакції риб до дії аміаку водного середовища: автореф. дис... докт. біол. наук: 03.00.18 / 03.00.04. К., 1995. 44 с.
7. Грубінко В.В., Арсан О.М. Роль глюкозо-аланінового циклу в адаптації риб до аміаку. Доповіді НАН України. 1995. Сер. Б, №1. С.102-105.
8. Гулый М.Ф. О некоторых проблемах биохимии. К.:Наукова думка,1997. С.6-34.
9. Дэвени Т., Гервей Я. Аминокислоты, пептиды и белки. М.: Мир, 1976. 364 с.
10. Коновец И.Н., Кулик В.А., Арсан О.М. и др. Влияние свинца на азотистый обмен у карпа при различной температуре водной среды. Гидробиол. журн. 1994. Т.30, №5. С.78-86.
11. Курант В.З. Особливості метаболізму гліцину в організмі коропа при дії іонів важких металів. Доповіді НАН України. 2001. Сер. Б, №1. С. 192-195.
12. Курант В.З. Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : 03.00.10. К., 2003. 38 с.
13. Лав М.Р. Химическая биология рыб. М.: Пищевая промышленность, 1976. 349 с.
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.:Высшая школа,1990. 351 с.
15. Майстер А. Биохимия аминокислот. М.: Изд-во иностр. литературы, 1961. 530 с.
16. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
17. Ноздрюхина Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977. 184 с.
18. Ньюсхолм Э., Старт Н. Регуляция метаболизма. М.: Мир, 1977. 410 с.
19. Сидоров В.С. Аминокислоты рыб. Биохимия молоди пресноводных рыб. Петрозаводск, 1985. С.103–137.
20. Сологуб Л.І., Пашковська І.С., Антоняк Г.Л. Протеази клітин та їх функції. К.: Наукова думка, 1992. 196 с.
21. Сорвачёв К.Ф. Основы биохимии питания рыб. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть, 1982. 247 с.
22. Технология производства рыбы в прудовых хозяйствах СССР / под ред. Федорченко В.И., Михеева В.П. М.: ВНИИПРХ, 1986. 161 с.
23. Уильямс Д. Металлы жизни. М.: Мир,1975. 236 с.
24. Филенко О.Ф. Некоторые универсальные закономерности действия химических агентов на водные организмы: автореф. дис... д-ра биол. наук: 03.00.18. М., 1990. 36 с.
25. Хлебович В.В. Акклимация животных организмов. Л.:Наука, 1981. 135 с.
26. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.:Наука, 1974. 324 с.
27. Яковенко Б.В. Особливості метаболізму гліцину в організмі коропа лускатого: автореф. дис... докт. біол. наук: 03.00.04. Львів, 1993. 38 с.
28. Яковенко Б.В., Курант В.З., Явоненко О.Ф. Вміст і шляхи можливого використання гліцину у коропових риб: зб. тез доп. IV Укр. біохім. з'їзду: Дніпропетровськ, 1982. Т.1. С.157.
29. Янович В.Г., Вовк С.И. Использование аминокислот в энергетических процессах у сельскохозяйственных животных. Вестник с.-х. науки. 1989. №2. С.138-144.
30. Colley L., Fox F.R., Huggins A.K. The effect of changes in external salinity on the non-protein nitrogenous constituents of parietal muscle from *Agonis cataphractus*. Comp. Biochem. and Physiol. 1974. Vol.48A, N4. P.757-763.
31. Creac'h Y., Vellas F., Bauche G. Metabolisme azote chez les poissons. Bull. Union of oceanogr. France. 1974. Vol.6, N4. P.57-59.
32. Glutamine synthetase expression in liver, muscle, stomach and intestine of *Bostrichthys sinensis* in response to exposure to a high exogenous ammonia concentration / Anderson P.M. et al. J Exp. Biol. 2002. Vol. 205. P. 2053–2065.
33. Huggins A.K., Colley L. The changes in the non-protein nitrogenous constituents of muscle during the adaptation of the eel *Anguilla anguilla* from fresh water to sea water. Comp. Biochem. and Physiol. 1971. Vol.38B, N3. P.537-541.
34. Jures K. The effect of changes in external salinity on the free amino acids and two amino transferases of white muscel from fastet *Salmo gairdneri* R. Comp. Biochem. and Physiol. 1980. Vol.65A, N 4. P. 501-504.
35. Kirhgeessner M., Grassman E. The dynamics of copper absorption. Trase element metabolism in animal. Edinburgh: Livingstone, 1970. P.27-286.
36. McAuliffe C.A. In the chemical sasiety specialist periodical report on inorganic biochemistry. Inorg. Chem. 1979. Vol.1. P.1-6.
37. Meherle P.M., Bloomfield R.A. Ammonia detoxity mechanisms on reinbow trout altered by dietary diedrin. Toxicol. Appl. Pharmacol. 1974. Vol.27, №3. P. 335-365.
38. Wood Chris M., Farrell Anthony P., Brauner Colin J. Homeostasis and toxicology of essential metals edited. Fish Physiology. London : Academic Press. 2011. Vol. 31. Part A. P. 1–497.
- 40 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2019, № 1 (75)

References

1. Berenshteyn F.Ia. Mikroelementy v fiziologii i patologii zhivotnykh. Minsk: Gosizdat, 1966. 146 s. (in Russian).
2. Bepamiatnov G.P., Krotov Iu.A. Predel'no dopustimye kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v okruzhaiushchey srede: spravochnik. L.: Khimiia, 1985. 240 s. (in Russian).
3. Bykov V.P. Belki i nebelkovye azotistye veshchestva ryb / Biologicheskies resursy gidrosfery i ikh ispol'zovanie. M., 1980. S.106-130. (in Russian).
4. Vrednye khimicheskie veshchestva. Spravochnik / Pod. red. V.A. Filova. – L.: Khimiia, 1988. – 512 s. (in Russian).
5. Grubinko V.V. Rol' glutamina v obespechenii azotistogo gomeostaza u ryb (obzor). Hidrobiol. zhurn. 1991. T.27, No4. S. 48–56. (in Russian).
6. Hrubinko V.V. Adaptivni reaktsii ryb do dii amiaku vodnoho seredovyshcha: avtoref. dys... dokt. biol. nauk: 03.00.18 / 03.00.04. K., 1995. 44 s. (in Ukrainian).
7. Hrubinko V.V., Arsan O.M. Rol' hliukozo-alaninovohto tsyклу v adaptatsii ryb do amiaku. Dopovidi NAN Ukrainy. 1995. Ser. B, No1. S.102-105. (in Ukrainian).
8. Gulyy M.F. O nekotorykh problemakh biokhimii. K.: Naukova dumka, 1997. S.6-34. (in Russian).
9. Deveni T., Gervy Ia. Aminokisloty, peptidy i belki. M.: Mir, 1976. 364 s. (in Russian).
10. Konovets I.N., Kulik V.A., Arsan O.M. i dr. Vliianie svintsya na azotistyy obmen u karpa pri razlichnoy temperature vodnoy sredy. Hidrobiol. zhurn. 1994. T.30, No5. S.78-86. (in Russian).
11. Kurant V.Z. Osoblyvosti metabolizmu hlitsynu v orhanizmi koropa pry dii ioniv vazhkykh metaliv. Dopovidi NAN Ukrainy. 2001. Ser. B, No1. S. 192-195 (in Ukrainian).
12. Kurant V.Z. Rol' bilkovoho obminu v adaptatsii ryb do dii ioniv vazhkykh metaliv : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia dokt. biol. nauk : 03.00.10. K., 2003. 38 s. (in Ukrainian).
13. Lav M.R. Khimicheskaiia biologiiia ryb. M.: Pishchevaia promyshlennost', 1976. 349 s. (in Russian).
14. Lakin G.F. Biometriia. M.: Vysshaiia shkola, 1990. 351 s. (in Russian).
15. Mayster A. Biokhimiiia aminokislot. M.: Izd-vo inostr. literatury, 1961. 530 s. (in Russian).
16. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V., Pokarzhevskiy A.D. Biomonitoring tiazhelykh metallov v presnovodnykh ekosistemakh. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 144 s. (in Russian).
17. Nozdriukhina L.R. Biologicheskaiia rol' mikroelementov v organizme zhivotnykh i cheloveka. M.: Nauka, 1977. 184 s. (in Russian).
18. N'iuskholm E., Start N. Reguliatsiia metabolizma. M.: Mir, 1977. 410 s. (in Russian).
19. Sidorov V.S. Aminokisloty ryb. Biokhimiiia molodi presnovodnykh ryb. Petrozavodsk, 1985. S.103–137. (in Russian).
20. Sologub L.I., Pashkovs'ka I.S., Antoniak G.L. Proteazi klitin ta ikh funktsii. K.: Naukova dumka, 1992. 196 s. (in Ukrainian).
21. Sorvachev K.F. Osnovy biokhimii pitaniia ryb. M.: Legkaia i pishchevaia prom-st', 1982. 247 s. (in Russian).
22. Tekhnologiiia proizvodstva ryby v prudovykh khoziaystvakh SSSR / pod red. Fedorchenko V.I., Mikheeva V.P. M.: VNIIPRKh, 1986. 161 s. (in Russian).
23. Uil'iams D. Metally zhizni. M.: Mir, 1975. 236 s. (in Russian).
24. Filenko O.F. Nekotorye universal'nye zakonomernosti deystviiia khimicheskikh agentov na vodnye organizmy: avtoref. dis...d-ra biol. nauk: 03.00.18. M., 1990. 36 s. (in Russian).
25. Khlebovich V.V. Akklimatsiia zhivotnykh organizmov. L.: Nauka, 1981. 135 s. (in Russian).
26. Shkol'nik M.Ia. Mikroelementy v zhizni rasteniy. L.: Nauka, 1974. 324 s. (in Russian).
27. Yakovenko B.V. Osoblyvosti metabolizmu hlitsynu v orhanizmi koropa luskatohto: avtoref. dys... dokt. biol. nauk: 03.00.04. L'viv, 1993. 38 s. (in Ukrainian).
28. Yakovenko B.V., Kurant V.Z., Yavonenko O.F. Vmist i shliakhy mozhyvoho vykorystannia hlitsynu u koropovykh ryb: zb. tez dop. IV Ukr. biokhim. z'izdu: Dnipropetrovs'k, 1982. T.1. S.157. (in Ukrainian).
29. Ianovich V.G., Vovk S.I. Ispol'zovanie aminokislot v energeticheskikh protsessakh u sel'skokhoziaystvennykh zhivotnykh. Vestnik s.-kh. nauki. 1989. No2. S.138-144. (in Russian).
30. Colley L., Fox F.R., Huggins A.K. The effect of changes in external salinity on the non-protein nitrogenous constituents of parietal muscle from *Agonis cataphractus*. Comp. Biochem. and Physiol. 1974. Vol.48A, N4. P.757-763.
31. Creac'h Y., Vellas F., Bauche G. Metabolisme azote chez les poissons. Bull. Union of oceanogr. France. 1974. Vol.6, N4. P.57-59.
32. Glutamine synthetase expression in liver, muscle, stomach and intestine of *Bostrichthys sinensis* in response to exposure to a high exogenous ammonia concentration / Anderson P.M. et al. J Exp. Biol. 2002. Vol. 205. P. 2053–2065.

33. Huggins A.K., Colley L. The changes in the non-protein nitrogenous constituents of muscle during the adaptation of the eel *Anguilla anguilla* from fresh water to sea water. *Comp. Biochem. and Physiol.* 1971. Vol.38B, N3. P.537-541.
34. Jures K. The effect of changes in external salinity on the free amino acids and two amino transferases of white muscel from fastet *Salmo gairdneri* R. *Comp. Biochem. and Physiol.* 1980. Vol.65A, N 4. P. 501-504.
35. Kirhgessner M., Grassman E. The dynamics of copper absorption. *Trase element metabolism in animal.* Edinburgh: Livingstone, 1970. P.27-286.
36. McAuliffe C.A. In the chemical sasiety specialist periodical report on inorganic biochemistry. *Inorg. Chem.* 1979. Vol.1. P.1-6.
37. Meherle P.M., Bloomfield R.A. Ammonia detoxity mechanisms on reinbow trout altered by dietary diedrin. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 1974. Vol.27, №3. P. 335-365.
38. Wood Chris M., Farrell Anthony P., Brauner Colin J. Homeostasis and toxicology of essential metals edited. *Fish Physiology.* London : Academic Press. 2011. Vol. 31. Part A. P. 1–497.

V.Z. Kurant, V.O. Khomenchuk

Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine

THE INFLUENCE OF IONS OF MAGANESE, ZINC, COPPER AND LEAD ON THE CONTENT OF FREE AMINO ACIDS IN THE ORGANISM OF CARP

The influence of ions of Manganese, Zinc, Copper and Lead in two concentrations, which corresponded to 2 and 5 MPC, on the content of free amino acids in the carp organism was studied. It is shown, that free amino acids are compounds, that are actively used in the energy supply of fish organisms. Their metabolism is one of the factors, that provides biochemical adaptation of fish to the changes of the conditions in the aquatic environment. The leading role in this process in carp organism have glycine, the content of which in the muscles of the control fish is quite high. It exceeds all other concentrations of amino acids in this tissue, and when exposed to the organism of fish, the ions of the investigated metals decreases to the greatest extent. Among other amino acids, it should be noted the growth both in the muscles and in the liver of experimental fish the amount of sulfur-containing. An important role in the detoxification of ammonia, which is formed under the influence on the organism of carp the elevated metal concentrations, belongs to aspartic and glutamic acids. In our studies, the content of free amino acids in the liver and muscle of fish is reduced by the action of metal ions, which may indicate an active involvement of aspartic and glutamic acid in the processes of detoxification of these ions. In general, the dynamics of free amino acids in carp tissues reflects the general tendencies of metabolism in its organism. Oxidation catabolism of amino acids of skeletal muscle and liver of fish is an important part of the integral physiological and biochemical mechanism, which provides energy homeostasis in their organism in conditions of intoxication.

Key words: carp, metabolism, amino acids, heavy metals

Надійшла 28.11.2018.

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 574.5 (28): [546.17: 581.526.325]

doi:10.25128/2078-2357.19.1.5

О. В. КРАВЦОВА, В. І. ЩЕРБАК, М. І. ЛІНЧУК

Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210
e-mail: Shcherbak.V@nas.gov.ua

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ФІТОПЛАНКТОНУ ЗА РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ

У роботі проаналізована сезонна динаміка концентрації біогенних елементів у вигляді неорганічних сполук азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , ΣN), розчиненого фосфору, органічної речовини і зв'язок з розвитком фітопланктону у водоймах з високим вмістом сумарного неорганічного азоту (від 23,31 до 102,65 мг N/дм³) та його сполук (амонійного – від 8,42 до 76,60, нітратного – від 4,94 до 15,93, нітритного – від 0,077 до 4,35 мг N/дм³) та органічної речовини (від 8,00 до 21,92 мгО/дм³ по величинам перманганатної окиснюваності та від 58,46 до 265,2 мгО/дм³ по біхроматній окиснюваності). Особливістю гідрохімічного режиму водойм були феноменально високі співвідношення $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (133,54 – 12152,86) упродовж вегетаційних сезонів. Встановлено, що відгуком водоростевих угруповань планктону на такі особливості гідрохімічного режиму є спрощення їх структури внаслідок переважання представників відділів Euglenophyta, Chlorophyta та Bacillariophyta, тоді як Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta та Cryptophyta були представлені 1–3 видами. Відгуком фітопланктону на підвищений вміст сполук неорганічного азоту є зростання чисельності та біомаси зелених водоростей, а органічної речовини – евгленових водоростей.

Ключові слова: біогенні елементи, неорганічний азот, розчинений фосфор, фітопланктон, видове різноманіття, чисельність, біомаса, сезонна динаміка, антропогенне навантаження

Вміст біогенних елементів у природній воді є одним з факторів, що визначають різноманітність і розвиток водоростевих угруповань водних екосистем. Найбільш важливі з них – азот і фосфор. Їх вміст у воді характеризується сезонною динамікою і залежить як від внутрішніх процесів у водоймі, так і, в значній мірі, від надходження завдяки іншим джерелам, у першу чергу антропогенного навантаження.

Особливий інтерес представляють водойми, де концентрації неорганічних сполук азоту та фосфору в кілька разів перевищують загальновідомі концентрації у водоймах [2, 3, 8, 10]. Виникає актуальна необхідність оцінки змін показників якісних і кількісних характеристик фітопланктону як його реакції на різні концентрації біогенних елементів і, у першу чергу, на підвищений вміст сполук неорганічного азоту.

Мета роботи – оцінити структурно-функціональну організацію фітопланктону за різних концентрацій біогенних елементів та органічної речовини.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалами роботи були проби фітопланктону каскаду водойм дендрологічного парку «Олександрія» (м. Біла Церква, Україна), які відбирали двічі на місяць¹ на стаціонарних станціях протягом вегетаційних сезонів 2016–2017 рр. Проби фітопланктону фіксували, концентрували й камерально обробляли загальноприйнятими в гідробіології методами [11]. Схема каскаду трьох водойм із зазначеними 5 станціями відбору альгологічних та гідрохімічних проб, гідроморфологічна характеристика їх, а також ретроспективний аналіз вмісту сполук неорганічного азоту, фосфору та органічної речовини були представлені нами раніше [16]. Вміст неорганічних сполук азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , ΣN), розчиненого фосфору та органічної речовини визначали згідно методики О. Алекіна [1]. Виділення домінуючого комплексу видів проводили на основі розрахунку індексу значущості [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Характеристика вмісту біогенів у воді водойм. Результати ретроспективного аналізу гідрохімічного складу водойм дендропарку «Олександрія», а також результати наших сучасних досліджень показують, що вміст розчиненого фосфору у воді коливався в межах 0,005–0,015 мг P/дм³ [7], а також від 0 до 0,065 мг P/дм³ [16].

Вміст у воді неорганічних сполук азоту, починаючи з 1995 р., залишається високим [5, 7, 9, 12].

Отримані впродовж 2016–2017 рр. результати показали, що концентрація амонійного азоту у водоймах була від 8,42 до 76,60, нітратного – від 4,94 до 15,93, нітритного – від 0,077 до 4,35 мг N/дм³ та сумарного азоту від 23,31 до 102,65 мг N/дм³. Особливістю каскаду водойм є те, що найбільш забрудненим є водойма №2, що пов'язано з наявністю точкового джерела забруднення. Розглядаючи досліджені водойми в ракурсі зростання азотного навантаження (№2–№1–№3) спостерігаємо зменшення частки амонійного й нітритного азоту та збільшення нітратного (рис. 1).

Встановлено надзвичайно високе співвідношення $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (від 133,54 до 12152,86), що є характерною особливістю гідрохімічного режиму досліджуваних водойм. У літературі є різні точки зору щодо $\Sigma\text{N}:\text{P}$. Вважають, що біомаса фітопланктону лімітується вмістом фосфору при $\Sigma\text{N}:\text{P} > 17$, азоту, коли $\Sigma\text{N}:\text{P} < 10$ і вмістом азоту і фосфору при $\text{N}:\text{P}$ в межах 10–17 [13, 15]. Однак інші дослідники вказують на те, що правило співвідношення $\Sigma\text{N}:\text{P}$ не підходить для високоевтрофних водойм, коли вміст N і P перевищує асиміляційну здатність фітопланктону і не може використовуватися як критерій для класифікації водойм, лімітуючим елементом яких є N або P [13, 14].

У науковій літературі нами не було знайдено інформації щодо високих співвідношень $\Sigma\text{N}:\text{P}$, тому вважаємо, що встановлене нами $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (134–12153) є феноменом, характерним для досліджених водойм.

Найвищий вміст неорганічного азоту, його сполук та розчиненого фосфору в сухій речовині водоростей планктону був характерний для найбільш забрудненої водойми. Звичайно, зі зростанням біомаси фітопланктону розрахований вміст загального азоту в сухій речовині зменшувався до 11,27, однак усе одно в десятки разів перевищував відомі з наукових джерел для інших водойм (табл. 1).

Стехіометричні співвідношення фосфору до сухої біомаси фітопланктону виявились фактично такими ж, як і в інших водоймах, наведених у джерелах [4, 13].

¹ Автори висловлюють вдячність д. б. н., зав. відділу біології відтворення риб Інституту гідробіології НАНУ Потрохову О. С., к. б. н., п. н. с. Зінковському О. Г. та к.б.н. Водяницькому О. М. за допомогу у відборі проб

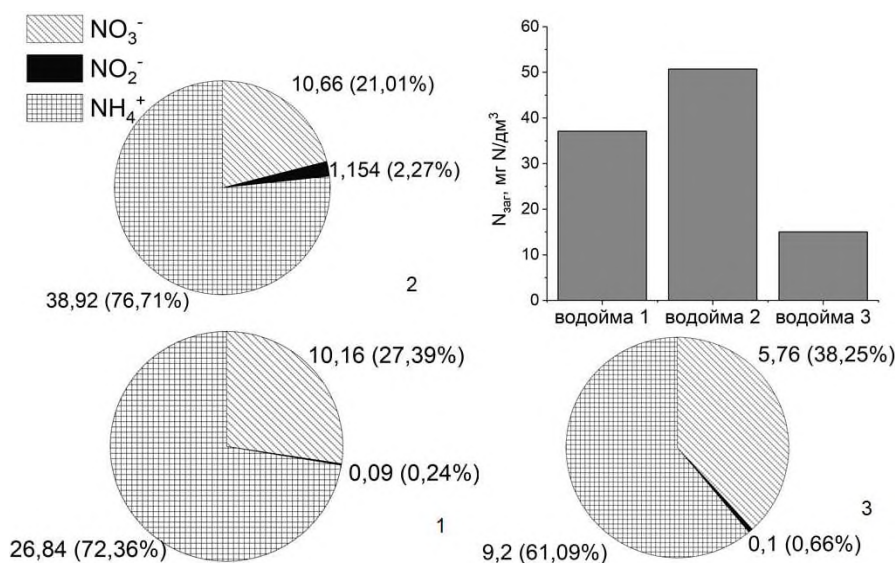


Рис. 1. Вміст загального неорганічного азоту і співвідношення його сполук у водоймах (1, 2, 3) дендропарку «Олександрія»

Особливості сезонної динаміки біогенів. Сезонна динаміка вмісту неорганічного фосфору характеризувалася вираженою сезонною динамікою: зниженням від весни до літа і підвищенням від літа до осені. Для досліджених екосистем максимальні показники були відзначені в травні і вересні: відповідно 0,65 і 0,09 мг P/дм³ (рис. 2).

Таблиця 1

Стехіометричні співвідношення для фітопланктону² за власними та літературними даними

Показники	NH ₄ ⁺ /сух. реч.	NO ₂ ⁻ /сух. реч.	NO ₃ ⁻ /сух. реч.	N _{заг.} /сух. реч.	PO ₄ ³⁻ /сух. реч.
<i>Натурні дані</i>					
<i>Водойма №1</i>	<u>60,18 – 67,79</u> 63,98±3,80	<u>0,21 – 1,60</u> 0,91±0,70	<u>22,82 – 25,63</u> 24,22±1,41	<u>83,21 – 93,64</u> 88,42±5,22	<u>0 – 0,048</u> 0,024±0,024
<i>Водойма №2</i>	<u>9,98 – 347,65</u> 108,66±31,02	<u>0,18 – 7,94</u> 1,45±0,63	<u>0,92 – 270,34</u> 67,68±24,89	<u>11,27 – 509,09</u> 178,05±50,92	<u>0,003 – 0,858</u> 0,148±0,07
<i>Водойма №3</i>	<u>56,65 – 70,17</u> 63,41±3,90	<u>0,13 – 0,52</u> 0,32±0,11	<u>37,33 – 41,17</u> 39,25±1,11	<u>94,55 – 112,09</u> 103,32±5,07	-
<i>Літературні дані</i>					
[4]	-	-	-	0,44-0,1	0,4-2,5
Евтрофні міські озера, Китай [13]	0,06	-	-	0,14	0,014

Концентрація амонійного та загального азоту характеризувалася максимальними показниками в весняний і літній сезони, причому вміст амонійного поступово збільшувався від весни до середини літа, потім знижувався і до осені знову підвищувався, однак концентрація була нижчою, ніж навесні (рис. 2). Вміст нітратного азоту знижувався від весни до літа і зростав до осені, тоді як нітритного поступово знижувався від весни до осені.

² Маса сухої речовини рівна 20% біомаси водоростей

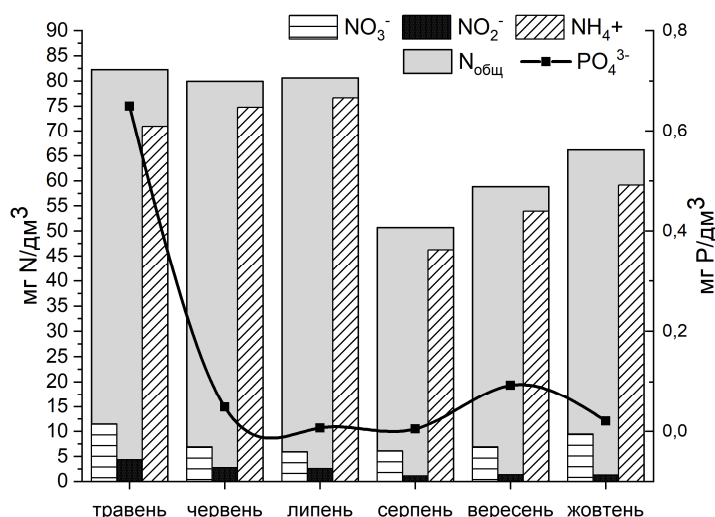


Рис. 2. Динаміка вмісту сполук неорганічного азоту й розчиненого фосфору ставка № 2 дендропарку «Олександрія» (2017 р.)

Співвідношення неорганічного азоту й фосфору характеризувалося вираженим максимумом у середині літа, тоді як навесні і восени було в десятки разів менше (рис. 3). У цей же час максимуми чисельності й біомаси фітопланктону спостерігалися на початку літнього та осіннього сезонів.

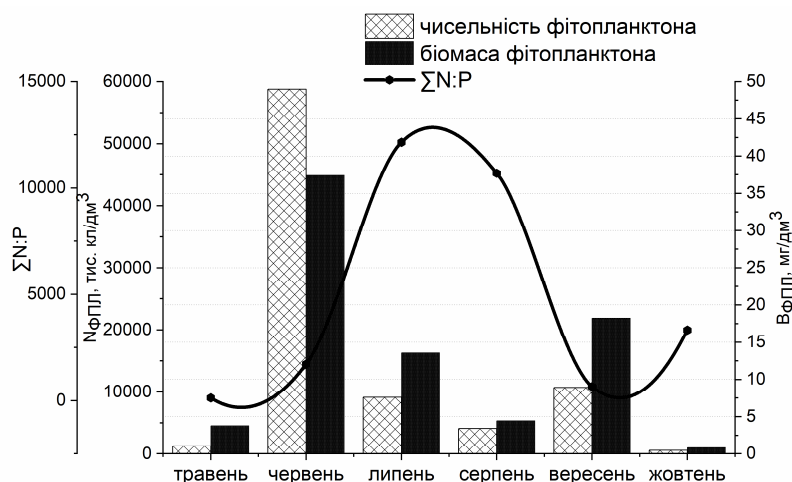


Рис. 3. Сезонна динаміка чисельності та біомаси фітопланктону і $\Sigma N:P$ у воді ставу № 2 дендропарку «Олександрія» (2017 р.)

Важливою особливістю гідрохімічного режиму водойм є високий вміст органічної речовини (від 8,00 до 21,92 мг О/дм³ по величинах перманганатної і від 58,46 до 265,2 мг О/дм³ по біхроматній окиснюваності).

На прикладі ставу №2 показано, що впродовж вегетаційного сезону (рис. 4) величини перманганатної окиснюваності істотно не змінювалися, характерно було лише незначне зниження від весни до літа й зростання до осені, що відповідає загальновідомим закономірностям [16].

Величини біхроматної окиснюваності найбільш високими були в осінній сезон, трохи нижчими в літній і весняний (рис. 4). Відзначимо, що особливості вмісту органічної речовини були схожі зі сполуками неорганічного азоту, тобто найбільш високі концентрації були в ставках №2 і №1 (відповідно величини перманганатної окиснюваності були 16,76 і 11,2, а біхроматної – 133,84 і 265,2 мг О/дм³).

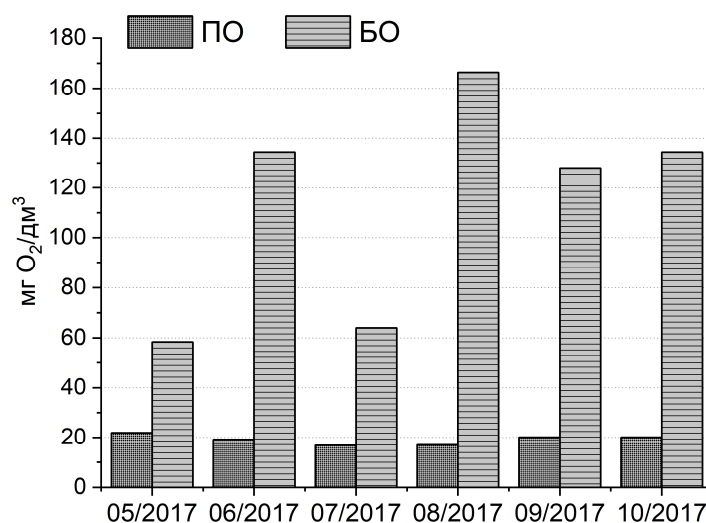


Рис. 4. Сезонна динаміка вмісту органічної речовини по величинах перманганатної (ПО) та біхроматної (БО) окиснюваності в водоймі №2 дендропарку «Олександрія» (2017 р.)

Структурно-функціональні характеристики фітопланктону

Фітопланктон досліджуваного каскаду водойм №1–3 був представлений 156 видами водоростей (166 внутрішньовидовими таксонами (в.в.т.) з 9 систематичних відділів).

Провідними відділами водоростевих угруповань планктону водойм були Euglenophyta, Chlorophyta та Bacillariophyta. У той же час відділи Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta та Cryptophyta були представлені 1–3 видами.

Найвищим видовим та таксономічним різноманіттям характеризувалась водойма №3 (121 в.в.т), найнижчим – найбільш забруднені водойми №1 і №2 (78 в.в.т).

Сезонна динаміка видового різноманіття характеризувалася збільшенням кількості видів від весни до літа і зниженням восени.

Кількісні показники розвитку фітопланктону коливалися в широких межах: чисельність – від 0,22 до 58,79 млн. кл/дм³, біомаса – від 0,05 до 89,24 мг/дм³.

Установлено, що найвищі значення були притаманні водоймі №2. Максимуми біомаси фіксувалися в літній та осінній сезони. Літні піки (37,41 мг/дм³) були обумовлені масовим розвитком зелених водоростей (*Chlamydomonas globosa* J. Snow), а пізньолітні та осінні (18,24–57,44 мг/дм³) – евгленовими *Lepocinclis ovum* var. *discifera* M. A. Conrad, *Trachelomonas oblonga* Lemmerm.).

Основу чисельності та біомаси фітопланктону водойм формували Chlorophyta та Euglenophyta, тобто водорості, які адаптувалися до підвищеного вмісту у воді неорганічних сполук азоту та органічної речовини. При чому представники вищезазначених відділів водоростей значну частку мали в найбільш забрудненому водоймі (став №2). Структура чисельності фітопланктону водойм приведена в табл. 2.

Домінуючий комплекс фітопланктону водойм складала зелені та евгленові водорості. Найбільш високий індекс домінування впродовж всього періоду досліджень мали *Chl. globosa* (8–17%), *Chl. monadina* (6–7%), *Phacus acuminatus* (2–3%), при цьому значимість їх у біомасі фітопланктону була найбільш високою у водоймах з найвищим вмістом сполук неорганічного азоту.

Крім зазначених вище, домінуючими видами планктону водойми з високим вмістом сполук неорганічного азоту та органічної речовини були *Ch. reinhardtii*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Phacus pleuronectes* var. *hamelii*, *Ph. pleuronectes* var. *pleuronectes*, *Lepocinclis ovum* var. *dimidio-minor*, *Sellaphora pupula* var. *capitata*, *Ph. pyrum*, *Gomphonema parvulum* var. *subellipticum*, *Oscillatoria tenuis*, *Navicula diluviana*. У цілому провідними видами (індекс домінування більше 1%) було 18% загального видового різноманіття.

Чисельність (тис. кл/дм³) фітопланктону водойм №1–3 дендропарку «Олександрія» (2016–2017 рр.)

Відділи	Став №1	Став №2	Став №3
Cyanophyta	$\frac{0 - 30920}{1947 (36\%)}$	$\frac{0 - 7504}{672 (9\%)}$	$\frac{0 - 37450}{3456 (46\%)}$
Euglenophyta	$\frac{0 - 1275}{0,66 (5\%)}$	$\frac{14 - 16575}{1787 (24\%)}$	$\frac{15 - 1638}{309 (4\%)}$
Chrysophyta	$\frac{0 - 12}{0,85 (<1\%)}$	$\frac{0 - 21}{0,91 (<1\%)}$	$\frac{0 - 13}{<1\%}$
Xanthophyta	не виявлено	не виявлено	$\frac{0 - 53}{3 (<1\%)}$
Cryptophyta	$\frac{0 - 32}{1,40 (<1\%)}$	не виявлено	$\frac{0 - 3,46}{0,37 (9\%)}$
Bacillariophyta	$\frac{0 - 870}{203 (4\%)}$	$\frac{0 - 556}{58 (<1\%)}$	$\frac{0 - 1160}{244 (3\%)}$
Dinophyta	$\frac{0 - 14}{<1\%}$	не виявлено	$\frac{0 - 23}{<1\%}$
Chlorophyta	$\frac{4 - 20729}{2968 (55\%)}$	$\frac{0 - 58538}{5046 (67\%)}$	$\frac{259 - 16924}{3565 (47\%)}$
Charophyta	$\frac{0 - 154}{<1\%}$	не виявлено	не виявлено
Всього:	$\frac{86 - 32896}{5407 (100\%)}$	$\frac{550 - 58791}{7563 (100\%)}$	$\frac{1577 - 38649}{7579 (100\%)}$

Примітки: Чисельник – межі коливань, знаменник – середнє значення; у дужках – частка в загальній чисельності (у %)

Структура домінуючого комплексу водойми з найвищим навантаженням біогенними елементами та органічними речовинами була відмінною від приведеної для водойми з нижчим навантаженням. Так, переважали *Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *Trachelomonas oblonga* var. *oblonga*, *Trachelomonas intermedia* f. *intermedia*, *Acutodesmus obliquus*, *Ch. reinhardtii*, *T. hispida* var. *hispida*.

У водоймі, яка характеризувалась найнижчим навантаженням сполуками неорганічного азоту та органічними речовинами, окрім представників Euglenophyta (*Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *Phacus acuminatus* var. *acuminatus*, *T. intermedia* f. *intermedia*, *T. oblonga* var. *oblonga*) та Chlorophyta (*Acutodesmus obliquus*, *A. pectinatus*), домінували Bacillariophyta (*Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *S. hantzschii*) і Cyanophyta (*Aph. flos-aquae*).

Вважаємо, що основним чинником, який визначав різноманіття фітопланктону досліджуваних водойм, була різниця в концентраціях сполук неорганічного азоту в воді. Це в свою чергу сприяло деяким сезонним особливостям домінуючого комплексу фітопланктону.

Навесні переважали водорості відділів Chlorophyta (*Ch. globosa*, *Monoraphidium griffithii*, *Ch. monadina*, *Acutodesmus pectinatus*) і Euglenophyta (*Phacus acuminatus*, *Phacus pyrum*, *Euglena granulata* var. *granulata*, *Lepocinclis ovum* var. *ovum*, *Euglena pascheri*, *E. polymorpha*).

Улітку домінуючий комплекс найбільш забрудненої водойми формували зелені (*Ch. globosa*, *Ch. monadina*, *Eudorina elegans*, *Acutodesmus obliquus*, *Pandorina morum*, *P. charkowiensis*) та евгленові (*Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *L. ovum* var. *dimidio-minor*, *T. intermedia* f. *intermedia*, *T. oblonga* var. *oblonga*, *T. hispida* var. *hispida*). У фітопланктоні водойми з дещо нижчим вмістом у воді сполук неорганічного азоту домінантами виступали евгленові (*Lepocinclis ovum* var. *dimidio-minor*, *Phacus acuminatus*, *Ph. pleuronectes* var. *hamelii*, *Ph. pleuronectes*), діатомові (*Gomphonema parvulum* var. *subellipticum*, *Sellaphora pupula* var. *capitata*, *N. diluviana*) і в меншій мірі зелені (*Ch. globosa*, *Ch. monadina*, *A. falcatus*).

У домінуючому комплексі найменш забрудненої водойми, окрім зелених (*Chlamydomonas globosa*, *Ch. monadina*) та евгленових (*Lepocinclis ovum* var. *discifera*, *Phacus*

acuminatus), як в попередніх водоймах, були ще синьозелені (*Aph. flos-aquae*) і діатомові водорості (*A. granulata* var. *granulata*, *S. hantzschii*).

Домінуючий комплекс осіннього фітопланктону водойм з високим вмістом сполук неорганічного азоту та органічної речовини становили синьозелені (*Oscillatoria tenuis* f. *tenuis*), евгленові родів *Lepocinclis* (*L. ovum* var. *ovum*, *L. ovum* var. *dimidio-minor*, *L. ovum* var. *discifera*) і *Phacus* (*Ph. acuminatus*, *Ph. ankylonoton*, *Ph. granum*, *Ph. mirabilis*, *Ph. pyrum*, *Ph. parvulus*, *Ph. pleuronectes* var. *hamelii*), тоді як у менш забрудненій водоймі ще й діатомові *S. hantzschii*, *Cyclotella stelligera*.

Висновки

Встановлено, що особливістю досліджених водойм були високі концентрації неорганічного азоту (до 86,80 мг N/дм³) та його сполук (амонійного – до 76,60, нітратного – до 15,93, нітритного – до 4,35 мг N/дм³). Вміст розчиненого фосфору сягав 0,65 мг P/дм³. Концентрація органічної речовини сягала 21,92 мг O/дм³ по перманганатній окиснюваності та 265,20 мг O/дм³ по біхроматній, що в кілька разів перевищувало еколого-санітарні критерії.

Вміст біогенних елементів та органічної речовини характеризується вираженою сезонною динамікою. Максимуми амонійного та загального азоту характерні для весни і літа зі зниженням восени. Концентрація нітратного азоту знижувалася від весни до літа й зростала до осені, а нітритного поступово знижувалася від весни до осені. Максимальні концентрації розчиненого у воді фосфору спостерігалися навесні й восени.

Встановлене для водойм співвідношення $\Sigma N:P$ в межах 134–12153 вважаємо феноменом, характерним для водойм з локальною дією антропогенного чинника, зокрема надходження значної кількості сполук неорганічного азоту.

Вважаємо, що основним чинником, який визначав різноманіття фітопланктону досліджуваних водойм, була різниця в концентраціях сполук неорганічного азоту у воді. Це в свою чергу сприяло деяким сезонним особливостям домінуючого комплексу фітопланктону. А саме домінуванням евгленових (в осінній сезон) і дрібноклітинних зелених водоростей (переважно в літній сезон) у водоймах з вищим навантаженням сполуками азоту та органічними речовинами та наявністю у домінуючому комплексі діатомових водоростей у фітопланктоні менш забрудненої водойми.

Встановлено, що відгуком фітопланктону на підвищений вміст сполук неорганічного азоту є зростання чисельності та біомаси зелених водоростей, а органічної речовини – евгленових водоростей.

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин — Л.: Гидрохимиздат, 1970. — 442 с.
2. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / Денисова А. И. — К: Наук. думка, 1979. — 290 с.
3. Екологічний стан київських водойм / О.А. Афанасьев, Т.С. Багацька, І.В. Небогаткін [та ін.]. — К.: Фітосоціоцентр, 2010. — 256 с.
4. Йоргенсен С.Э. Управление озерными экосистемами / С. Э. Йоргенсен. — М.: Агропромиздат, 1985.
5. Киризий Т.Я. Динамика содержания минерального азота в водоймах дендропарка «Александрія» (г. Белая Церковь) / Т. Я. Киризий, Г. Б. Бабич, Т. Д. Самойлова // Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2005. — № 3 (26). — С. 195—197.
6. Кожова О. М. Экология *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Smidt (Bacillariophyta) в озере Байкал / О. М. Кожова, Л. А. Имболджина, И. К. Бокова // Альгология. — 1998. — Т. 8, № 2. — С. 132—139.
7. Крот Ю.Г. Динаміка гідрохімічного режиму каскаду водойм дендропарку «Олександрія» (м. Біла Церква) при надходженні неорганічних форм азоту з джерельними водами / Ю. Г. Крот, Т.Я. Киризий, Г.Б. Бабич, Т. І. Леконцева // Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2005. — № 1-4 (25). — С. 102—108.
8. Линник П.М. Гідрохімічний режим озер системи Опечень (м. Київ) / П. М. Линник, В. А. Жежеря, Т. П. Жежеря, Я. С. Иванечко, І. І. Ігнатенко // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. — 2016. — Вип. 269. — С. 59—69.
9. Плескач Л. Я. Забруднення водойм дендропарку «Олександрія» та його вплив на стан рослинності / Л. Я. Плескач // Інтродукція рослин. — 2004. — № 2. — С. 80—87.
10. Різноманіття альгофлори і гідрохімічна характеристика акваландшафтів / Під ред. В. І. Щербака. — К.: Фітосоціоцентр. — 2011. — 164 с.

11. Щербак В.І. Методи визначення характеристик головних угруповань гідробіонтів водних екосистем. 1. Фітопланктон // Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / За ред. В.Д. Романенка. — НАН України: Ін-т гідробіології. — К.: ЛОГОС, 2006. — С. 8—27.
12. Яровий О. О. Продукционные характеристики фитопланктона в водоемах с экстремально высокими концентрациями растворенных соединений азота // Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: збірник матеріалів III науково-практичної конференції для молодих вчених. — Київ, 2016. — С. 62—64.
13. Jin Lv. Effects of nitrogen and phosphorus on phytoplankton composition and biomass in 15 subtropical, urban shallow lakes in Wuhan, China / Jin Lv Hongjuan Wu, Mengqiu Chen // *Limnologica*. — 2011. — 41 (1). P. 48—56.
14. Paerl H.W. Harmful freshwater algal Blooms with an emphasis on cyanobacterial / H.W. Paerl, R.S. Fulton, P.H. Moisander, J. Dyble // *Scientific World Journal*. — 2001. — Apr 4;1. — P. 76—113.
15. Sakamoto M.. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth / Sakamoto M. // *Arch. Hydrobiol.* — 1966. — 62. — P. 1—28.
16. Shcherbak V.I. Assessment of the influence of high concentrations of nitrogen compounds on phytoplankton diversity in the ponds of the Oleksandriya natural park (the town of Bila Tserkva, Ukraine) / Shcherbak V.I., Kravtsova O.V., Linchuk M.I. // *Hydrobiol. Journ.* — 2017. — Vol. 53, N 5. — P. 19—32.

References

1. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii* / O.A. Alekin — L.: Gidrokhimioizdat, 1970. — 442 s. (in Russian).
2. Denisova A.I. *Formirovanie gidrokhimicheskogo rezhima vodokhranilishch Dnepra i metody ego prognozirovaniia* / Denisova A. I. — K: Nauk. dumka, 1979. — 290 s. (in Russian).
3. *Ekolohichnyy stan kyivs'kykh vodoym* / O.A. Afanas'ev, T.S. Bahats'ka, I.V. Nebohatkin [ta in.]. — K.: Fitosotsiotsentr, 2010. — 256 s. (in Ukrainian).
4. Yorgensen S.E. *Upravlenie ozernymi ekosistemami* / S. E. Yorgensen. — M.: Agropromizdat, 1985. (in Russian).
5. Kiriziy T.Ia. *Dinamika sodержaniia mineral'nogo azota v vodoymakh dendroparka «Aleksandriia» (g. Belaia Tserkov')* / T. Ia. Kiriziy, G. B. Babich, T. D. Samoylova // *Nauk. zapiski Ternopil'skogo ped. un-tu im. V. Gnatiuka. Serii: Biologiia*. — 2005. — No 3 (26). — S. 195—197. (in Russian).
6. Kozhova O. M. *Ekologiia Dididmosphenia geminata (Lyngb.) M. Smidt (Bacillariophyta) v ozere Baykal* / O. M. Kozhova, L. A. Imboldzhina, I. K. Bokova // *Al'gologiia*. — 1998. — T. 8, No 2. — S. 132—139. (in Russian).
7. Krot Yu.H. *Dynamika hidrokhimichnogo rezhymu kaskadu vodoym dendroparku «Oleksandriia» (m. Bila Tserkva) pry nakhodzhenni neorhanichnykh form azotu z dzherel'nykh vodamy* / Yu. H. Krot, T.Ya. Kyryziy, H.B. Babych, T. I. Lekontseva // *Nauk. zapysky Ternopil'skoho ped. un-tu im. V. Hnatiuka. Serii: Biologiia*. — 2005. — No 1-4 (25). — S. 102—108. (in Ukrainian).
8. Lynnyk P.M. *Hidrokhimichnyy rezhym ozer systemy Opechen' (m. Kyiv)* / P. M. Lynnyk, V. A. Zhezheria, T. P. Zhezheria, Ya. S. Ivanechko, I. I. Ihnatenko // *Naukovi pratsi Ukrains'koho naukovy-doslidnoho hidrometeorolohichnogo instytutu*. — 2016. — Vyp. 269. — S. 59—69. (in Ukrainian).
9. Pleskach L. Ya. *Zabrudnennia vodoym dendroparku «Oleksandriia» ta yoho vplyv na stan roslynosti* / L. Ya. Pleskach // *Introduktsiia roslyn*. — 2004. — No 2. — S. 80—87. (in Ukrainian).
10. *Riznomanittia al'hoflory i hidrokhimichna kharakterystyka akvalandshaftiv* / Pid red. V. I. Shcherbaka. — K.: Fitosotsiotsentr. — 2011. — 164 s. (in Ukrainian).
11. Shcherbak V.I. *Metody vyznachenniia kharakterystyk holovnykh uhrupovan' hidrobiontiv vodnykh ekosystem. 1. Fitoplankton* // *Metody hidroeolohichnykh doslidzhen' poverkhnevnykh vod* / Za red. V.D. Romanenka. — NAN Ukrainy: In-t hidrobiolohii. — K.: LOHOS, 2006. — S. 8—27. (in Ukrainian).
12. Iaroviy O. O. *Produktsionnye kharakteristiki fitoplanktona v vodoymakh s ekstremal'no visokimi kontsentratsiiami rastvorenykh soedineniy azota* // *Suchasna gidroeologiia: mistse naukovikh doslidzhen' u virishenni aktual'nykh problem: zbirnik materialiv III naukovy-praktichnoi konferentsii dlia molodikh vchenikh*. — Kyiv, 2016. — S. 62—64. (in Russian).
13. Jin Lv. Effects of nitrogen and phosphorus on phytoplankton composition and biomass in 15 subtropical, urban shallow lakes in Wuhan, China / Jin Lv Hongjuan Wu, Mengqiu Chen // *Limnologica*. — 2011. — 41 (1). P. 48—56.
14. Paerl H.W. Harmful freshwater algal Blooms with an emphasis on cyanobacterial / H.W. Paerl, R.S. Fulton, P.H. Moisander, J. Dyble // *Scientific World Journal*. — 2001. — Apr 4;1. — P. 76—113.
15. Sakamoto M.. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth / Sakamoto M. // *Arch. Hydrobiol.* — 1966. — 62. — P. 1—28.

16. Shcherbak V.I. Assessment of the influence of high concentrations of nitrogen compounds on phytoplankton diversity in the ponds of the Oleksandriya natural park (the town of Bila Tserkva, Ukraine) / Shcherbak V.I., Kravtsova O.V., Linchuk M.I. // *Hydrob. Journ.* — 2017. — Vol. 53, N 5. — P. 19—32.

O.V. Kravtsova, V.I. Scherbak, M. I. Linchuk
Institute of Hidrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

THE REGULARITIES OF PHYTOPLANKTON FORMATION AT VARIOS BIOGENIC ELEMENTS AND ORGANIC MATTER CONCENTRATIONS

The seasonal dynamics of the concentration of nutrients in the form of inorganic nitrogen (NH_4^+ , NO_2 , NO_3^- , ΣN), dissolved phosphorus, organic matter and the connection with the development of phytoplankton in waters with high content of total inorganic nitrogen (from 23.31 to 102.65 mg N/dm³) and its compounds (ammonia - from 8.42 to 76.60, nitrate - from 4.94 to 15.93, nitrite - from 0.077 to 4.35 mg N/dm³) and organic matter (from 8.00 to 21.92 mg O/dm³ by permanganate oxidation values and from 58.46 to 265.2 mg O/dm³ by dichromate oxidation values) were analyzed in paper. The peculiarity of the hydrochemical regime of the reservoirs was phenomenally high relations $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (133,54-12152,86) during the growing seasons. Found that response algal plankton communities such features hydrochemical regime is a simplification of the structure due to the predominance of representatives of departments Euglenophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta, while Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta and presented Cryptophyta 1-3 species. The response of phytoplankton to the high content of compounds of inorganic nitrogen is the increase in the number and biomass of green algae, and organic matter - eugenic algae.

Key words: biogenic elements, inorganic nitrogen, dissolved phosphorus, phytoplankton, species diversity, abundance, biomass, seasonal dynamics, anthropogenic load

Надійшла 03.01.2019.

УДК: 577.352.38:577.64

doi:10.25128/2078-2357.19.1.6

¹O.B. STOLIAR, L.L. ^{1,2}GNATYSHYNA, ¹V.V. KHOMA, ³G.H. SPRINĢE

¹Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

²I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University
m.Voli, 1, Ternopil, 46001, Ukraine

³University of Latvia
Miera Str. 3, Salaspils, LV, 2169, Latvia
e-mail: oksana.stolyar@gmail.com

THE APPLICATION OF THE NOVEL INTEGRATIVE INDEX OF OXIDATIVE STRESS IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON FRESHWATER MOLLUSKS

The adverse environmental impacts cause the oxidative stress response in the aquatic animals. However, depending on the severity and duration of impact, this response can be highly different. The aim of this study was the analysis of available results of the evaluation of antioxidant activities in the freshwater mollusks in the sense of the successfulness of the oxidative stress response. The recently proposed integrative index 'Preparation to the oxidative stress' (POS) was applied. Three populations of bivalve mollusks from the basin of the river Dniester were compared during three seasons, and in their ability to withstand heating (25° C and 30° C during 14 days) and exposure to ionizing radiation (14 days after the acute exposure to 2 mGy). The mussels were sampled in the low disturbed pristine

16. Shcherbak V.I. Assessment of the influence of high concentrations of nitrogen compounds on phytoplankton diversity in the ponds of the Oleksandriya natural park (the town of Bila Tserkva, Ukraine) / Shcherbak V.I., Kravtsova O.V., Linchuk M.I. // *Hydrob. Journ.* — 2017. — Vol. 53, N 5. — P. 19—32.

O.V. Kravtsova, V.I. Scherbak, M. I. Linchuk
Institute of Hidrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

THE REGULARITIES OF PHYTOPLANKTON FORMATION AT VARIOS BIOGENIC ELEMENTS AND ORGANIC MATTER CONCENTRATIONS

The seasonal dynamics of the concentration of nutrients in the form of inorganic nitrogen (NH_4^+ , NO_2 , NO_3^- , ΣN), dissolved phosphorus, organic matter and the connection with the development of phytoplankton in waters with high content of total inorganic nitrogen (from 23.31 to 102.65 mg N/dm³) and its compounds (ammonia - from 8.42 to 76.60, nitrate - from 4.94 to 15.93, nitrite - from 0.077 to 4.35 mg N/dm³) and organic matter (from 8.00 to 21.92 mg O/dm³ by permanganate oxidation values and from 58.46 to 265.2 mg O/dm³ by dichromate oxidation values) were analyzed in paper. The peculiarity of the hydrochemical regime of the reservoirs was phenomenally high relations $\Sigma\text{N}:\text{P}$ (133,54-12152,86) during the growing seasons. Found that response algal plankton communities such features hydrochemical regime is a simplification of the structure due to the predominance of representatives of departments Euglenophyta, Chlorophyta and Bacillariophyta, while Chrysophyta, Dinophyta, Charophyta and presented Cryptophyta 1-3 species. The response of phytoplankton to the high content of compounds of inorganic nitrogen is the increase in the number and biomass of green algae, and organic matter - eugenic algae.

Key words: biogenic elements, inorganic nitrogen, dissolved phosphorus, phytoplankton, species diversity, abundance, biomass, seasonal dynamics, anthropogenic load

Надійшла 03.01.2019.

УДК: 577.352.38:577.64

doi:10.25128/2078-2357.19.1.6

¹O.B. STOLIAR, L.L. ^{1,2}GNATYSHYNA, ¹V.V. KHOMA, ³G.H. SPRINĢE

¹Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

²I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University
m.Voli, 1, Ternopil, 46001, Ukraine

³University of Latvia
Miera Str. 3, Salaspils, LV, 2169, Latvia
e-mail: oksana.stolyar@gmail.com

THE APPLICATION OF THE NOVEL INTEGRATIVE INDEX OF OXIDATIVE STRESS IN THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON FRESHWATER MOLLUSKS

The adverse environmental impacts cause the oxidative stress response in the aquatic animals. However, depending on the severity and duration of impact, this response can be highly different. The aim of this study was the analysis of available results of the evaluation of antioxidant activities in the freshwater mollusks in the sense of the successfulness of the oxidative stress response. The recently proposed integrative index 'Preparation to the oxidative stress' (POS) was applied. Three populations of bivalve mollusks from the basin of the river Dniester were compared during three seasons, and in their ability to withstand heating (25° C and 30° C during 14 days) and exposure to ionizing radiation (14 days after the acute exposure to 2 mGy). The mussels were sampled in the low disturbed pristine

site, highly polluted agricultural region and the cooling pond of the nuclear power plant with the constantly elevated temperature. The parameters for the calculation of POS included superoxide dismutase activity, catalase activity, glutathione *S*-transferase activity, glutathione concentration, and metallothionein (from its thiol groups) concentration. The values were calculated as the magnitude of change (as % change) in comparison to the corresponding control (less disturbed field group or non-exposed group). Three criteria for POS were applied. The number of the positive and negative changes and their limits were indicated. The analysis have shown that the POS responses were in the limits of adaptive ability in all studied cases. However, the results of POS calculation allowed the distinguishing of the responses that are realized in the field and experimental exposures of mollusks. The most distinct responses were shown for the glutathione (mainly positive changes) whereas the metallothionein level was mainly oppressed, particularly under the heating. The depressive direction was estimated in the cases of extreme temperatures, irradiation and, mainly for the mollusks from the highly polluted sites. The key importance of POS as a survival strategy of the mussels exposed to adverse impact depending on the life history is evident.

Key words: Antioxidants; Reactive oxygen species; Oxidative stress; Integrative indexes; Bivalve mollusks

The response of the oxidative stress (OS) is the common biological phenomenon that is causing by the external or internal adverse effects in the organism [15]. Concerning the native freshwaters habitants, the most expected inducing factors are the disturbing of the hydrological regime, chemical pollution and climate changing [1, 4, 17]. However, depending on the duration and severity of the impact, the manifestations of OS can be different. Casual impacts can provoke the generation of reactive oxygen species (ROS) and, as a consequence of their signal activity, the elevated expression of the antioxidants, namely the ROS scavengers, both enzymes and non enzymatic substances, for example glutathione (GSH) [18]. The imbalance of the ROS generation and antioxidant activities provokes the oxidative injury, namely the lipid peroxidation, protein oxidative modifications, and DNA oxidative damage [15]. The particular response in the native populations can be manifested as the adaptation to the environmental impact or the exhausting of the stress responsibility and, as a consequence, the absence of the OS response [3, 14].

Bivalve mollusks, due to their suspension-feeding and sedentary lifestyle, are on the first line of impact from the aquatic effluents [5, 6]. Populations of freshwater bivalves are declining dramatically all over the world [11]. In Ukraine, this was partially confirmed by authors' own research experience on the evaluating the indices of stress responses and environmental toxicity in the basin of Dniester, the second largest river in Ukraine [7, 12].

Therefore, the aim of this study was the analysis of available results of the antioxidant activities in the freshwater mollusks in the sense of the successfulness of the oxidative stress response. The recently proposed integrative index 'Preparation to the oxidative stress' (POS), utilized to the evaluation of the responses of poikilothermic species exposed to anoxia/hypoxia [13], was applied. The analyzed here results were obtained previously within the scopes of the Ukrainian state funding grants to O. Stoliar [7, 8, 9, 10].

Materials and methods

The parameters for the calculation of POS included superoxide dismutase common activity (SOD), catalase activity (CAT), and glutathione total or reduced concentration (GSH). The metal buffering protein metallothionein (MT) was included in the set of antioxidants if it was detected from its thiol groups, responsible for the antioxidants properties [16]. Glutathione *S*-transferase (GST) is the II phase of biotransformation enzyme. Since the functionality of its plural forms is related to the reduction of organic hydroperoxides and to conjugation of LPO products with the participation of GSH [2], GST was also included in the antioxidants list. Moreover, the expression of MT and GST is regulated by the antioxidant response element [19]. We classified each group of mollusks as POS-positive, POS-negative or POS-neutral based on three different criteria. This classification was made for each tissue separately.

To distinguish the responses, three different criteria were applied. Initially, we calculated the magnitude of change (as % change) in comparison to the corresponding control (see the captions to tables). Only statistically significant differences, as stated by the authors, were considered.

Statistically insignificant changes were regarded as zero. When the values for each group were not available from the text or tables, they were estimated from the Figures by comparing the height of the column of the experimental group to that of the control group using an image editor software.

Based on the magnitude of change (as % change) compare to the corresponded control (season, less disturbed native group or untreated experimental group), we classified each group as POS-positive, POS-negative or POS-neutral, considering the three different criteria. Finally, the prognosis of the impact (health status) was made basing on the classification of the mature ecosystems according to [20].

The first criterion was the occurrence of at least one statistically significant up-regulation event of antioxidant defense regardless of what happened in another tissue. In this criterion, if no changes occurred at all, the tissue was flagged as neutral, but if any down-regulation occurred (and no up-regulation) it was flagged as negative. Correspondingly, the response was qualified 'in the limits of adaptive ability (+)' or as 'loss of the adaptive ability'.

The second criterion was based on the definition of thresholds for up- and down-regulation events. This criterion was the occurrence of at least one up-regulation above a 50% threshold. On the other hand, the threshold for down-regulation was set at 25%. Species were classified as in criterion 1, but only considering changes that reached the thresholds. The response was classified as the state of elastic stability (1 event), the state of resistant stability (2 and more events), or inert state (0 events);

The third criterion was the occurrence of more cases of up-regulation in comparison to down-regulation within a tissue. Thus, only studies that measured at least two of the antioxidant parameters listed above were considered in criterion 3. For all three criteria, the occurrence of one positive-flagged tissue was enough to classify the response as POS-positive. Correspondingly, POS-positive response means the recovering direction, POS-negative response – depressive direction, and POS-neutral response – the state of equilibrium. Prevalence of specific antioxidants in POS-positive species was further analyzed, namely which antioxidant was most commonly up-regulated in these situations of environmentally realistic conditions.

Results and discussion

The results of the calculations for the mussels studied in their native populations (Fig. 1) have shown that the responses of the specimens from the pristine (control), agricultural (B) and artificial (N) sites were different in three seasons. The highest deviations were shown in autumn. The worsted POS response in the disturbed (B, N) sites versus control were detected in the digestive gland and in spring. From this calculation, it is also evident that the thiols MT and GSH (in the digestive gland) represent almost constantly oppressed biomarker, whereas KAT and GST were up-regulated in several exposures.

According to these results, the generalized POS responses of mussels and correspondent health state of the populations were classified (Table 1). In each case, the general state was within the limits of adaptive response. However, in the mussels from the highly polluted agricultural site B, the depressive direction was predominant, whereas in the artificial reservoir, namely cooling reservoir of the nuclear power plant that was not polluted and had the constantly elevated temperature of the water, the recovering direction of the POS response was predominant. The season depending differences were evident. They can be explained by the differences in the physiological state of mussels (exhausting of the energy storages in spring and their accumulation in the autumn).

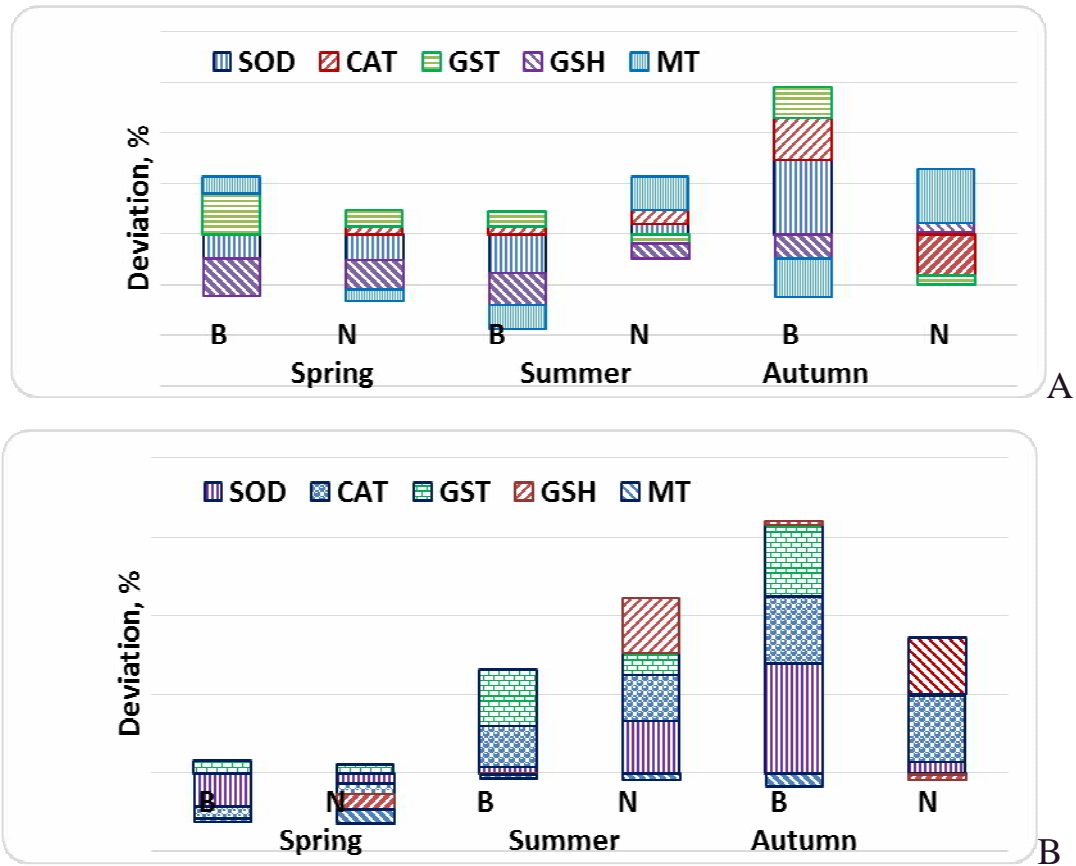


Fig. 1. Relative changes (expressed as the percentage of change) of the values of POS biomarkers in the digestive gland (A) and gills (B) of bivalve mollusk from the agricultural (B) and artificial (N) sites in comparison with the data for the pristine site (control) in spring, summer and autumn, calculated from the data represented in [7].

Table 1

The classification of the responses of the bivalve mollusk from the two impacted sites (B and N) in the comparison with the control (group from pristine site) in three seasons. The POS responses classified as '+, -, 0'.

Season	Tissue	Criterion POS			The health state of population
		1	2	3	
Group B					
Spring	Digestive gland	+	1+/2-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	0+/2-		
Summer	Digestive gland	+	0+/3-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	2+/0-		
Autumn	Digestive gland	+	3+/2-	+	In the adaptive limits, resistant stability, recovering direction
	Gills	+	+/-		
Group N					
Spring	Digestive gland	+	0+/2-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	0+/3-		
Summer	Digestive gland	+	1+/1-	+	In the adaptive limits, resistant stability, recovering direction
	Gills	+	4+/0-		
Autumn	Digestive gland	+	1+/1-	+	In the adaptive limits, elastic stability, recovering direction
	Gills	+	1+/0-		

To evaluate the ability of each studied population to withstand the heating, the mussels were subjected to the experimental exposure to the temperatures 25° C and 30° C during 14 days [8]. Basing on the obtained results, it was difficult to indicate the most heating-tolerate group due to the variability of differences between the groups. The results of the POS analysis for this experiment are represented in Fig. 2, Tabl. 2.

The comparison of the groups demonstrated the greatest vulnerability of the responses in the digestive gland in comparison with the gills. The highest sensitivity was shown for the SOD, whereas GSH demonstrated the best response of POS, particularly in the B- and N-groups. It was also indicated similar responses to two heating regimes within the group, whereas the responses of different populations were distinct, particularly in gills.

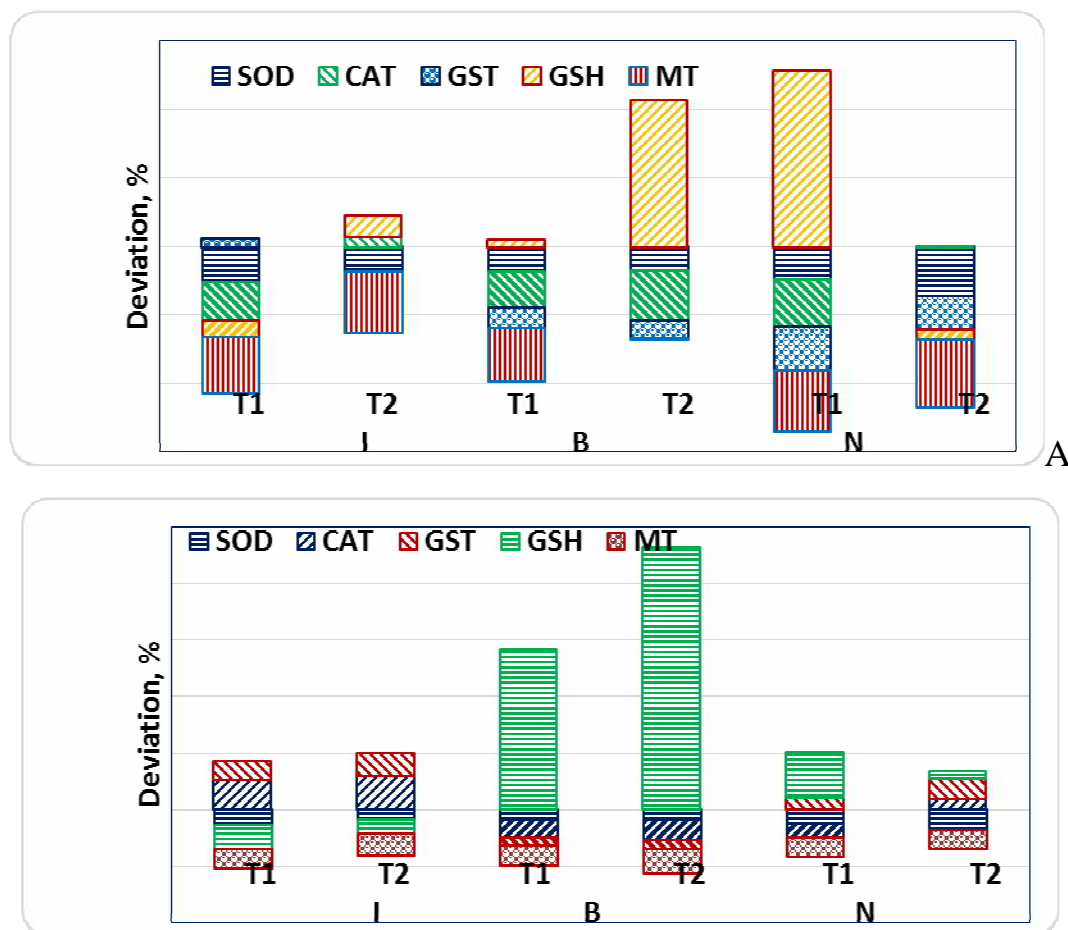


Fig. 2. Relative changes (percentage of change) of the mean values of POS biomarkers in the digestive gland (A) and gills (B) of bivalve mollusk from the pristine (I), agricultural (B) and artificial (N) sites exposed to 25° C (T1) and 30° C (T2) during 14 days in comparison with control (18° C). The data represented in [8] were utilized.

However, the generalization of the indexes has shown that all responses were within the adaptive limits. Importantly, B-group from the highly polluted biotope, despite the great up-regulation of GSH, demonstrated the depressive direction in both exposures. On the other hand, I group from the pristine site was at the equilibrium state. Moreover, the group adapted to the heating in its field environment (N group from the cooling pond) has shown even recovering direction indicating the greatest ability to withstand heating. Probably, this particular ability to withstand heating was explained by the adaptation of this population in its environment. Importantly, each was not able to make these crucial conclusions concerning the health status of populations basing only on the set of the biochemical responses even when we studied plural biomarkers of stress, injury and exposure [8].

Table 2

The classification of the responses of the bivalve mollusk from the pristine (I), agricultural (B) and artificial (N) sites exposed to 25° C (T1) and 30° C (T2) during 14 days in comparison with control (18°C).

T°	Tissue	Criteria POS			Health status
		1	2	3	
Group I					
T1	Digestive gland	+	0+/3-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	2+/2-		
T2	Digestive gland	+	2+/2-	0	In the adaptive limits, resistant stability, equilibrium state
	Gills	+	2+/2-		
Group B					
T1	Digestive gland	+	0+/4-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	2+/2-		
T2	Digestive gland	+	1+/3-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	1+/4-		
GroupN					
T1	Digestive gland	+	1+/4-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
	Gills	+	2+/2-		
T2	Digestive gland	+	0+/3-	-	In the adaptive limits, resistant stability, recovering direction
	Gills	+	2+/1-		

Whereas the heating is the typical confounding factor for the bivalves, the effect of the ionizing radiation was utilized as an unusual stress factor for each populations studied. The analysis of the represented results [9] (Fig. 3, Tabl. 3) indicated the highly variable responses depending on the population. The most variable index was the GSH level. The common feature for three populations was the preference of the positive changes of the indices. However, according to the number of the events of activation or oppression of the indices, the direction of the health status changes was estimated for B- and N-groups as depressive and only for the I-group had the features of recovery.

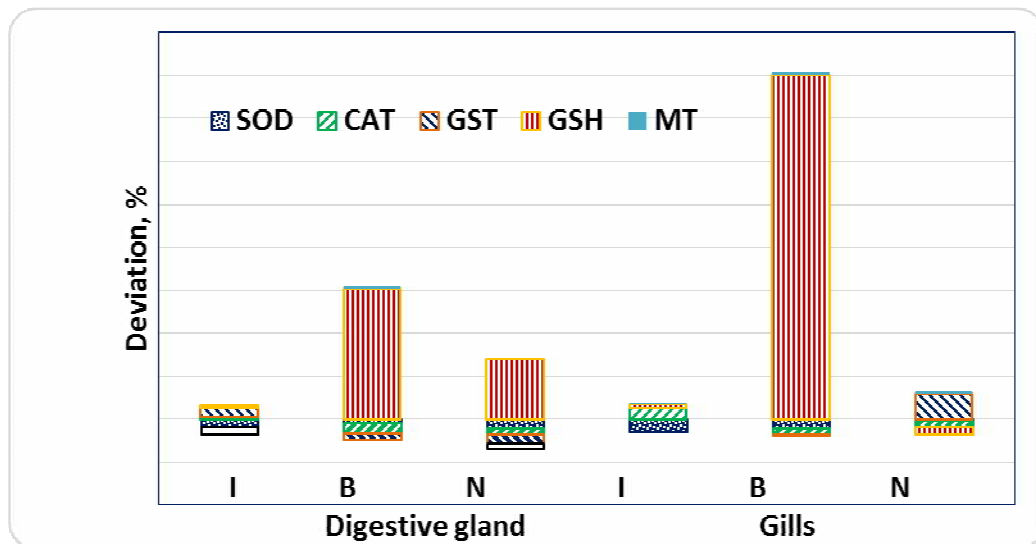


Fig. 3. Relative changes of the mean values of POS biomarkers in the digestive gland and gills of bivalve mollusk from the pristine (I), agricultural (B) and artificial (N) sites 14 days after the acute exposure to ionizing radiation in comparison with control. The data represented in [9] were utilised.

The classification of the responses of the bivalve mollusk from the pristine (I), agricultural (B) and artificial (N) sites after the acute exposure to ionizing radiation

Tissue	Criteria POS			Health status
	1	2	3	
Group I				
Digestive gland	+	2+/1-	+	In the adaptive limits, resistant stability, recovering direction
Gills	+	1+/1-		
Group B				
Digestive gland	+	1+/2-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
Gills	+	1+/2-		
Group N				
Digestive gland	+	1+/3-	-	In the adaptive limits, resistant stability, depressive direction
Gills	+	1+/3-		

Overall, the analysis of the results, obtained on the mollusks from different populations in the season-depending field exposures and experimental exposures to heating and ionizing radiation have given the clear forecast of their health status. Importantly, the most sensitive constituents of each response were different. Nevertheless, the specimens from all three populations give the responses in the adaptive limits and support the resistant stability. However, some exposures can possess critical changes in their health, particularly in the spring and under the additional loading by heating and irradiation. The group from the polluted area (B group) is the most vulnerable group. It can be explained by the continuous induction of OS in the mussels from this area [15].

Conclusion

The key importance of POS as a survival strategy of the mussels exposed to adverse impact depending on the life history is evident. Therefore, the developed method of the POS calculation can be useful tool for the prognosis of the environmental health. As far as we know, there is no analysis available of the prevalence of POS among mollusks depending on their history of population.

This work has been granted by the Ministries of Education and Science of Ukraine and Latvia (Projects 132B and M/35 for O. Stoliar and LV-UA/2017/5 for G. Springe).

1. Ács A., Vehovszky Á., Györi J., Farkas A. Seasonal and size-related variation of subcellular biomarkers in quagga mussels (*Dreissena bugensis*) inhabiting sites affected by moderate contamination with complex mixtures of pollutants. *Environ. Monit. Assess.* 2016. Vol. 188, №7. P. 426. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5432-y>
2. Bhagat J., Ingole B. S., Singh N. Glutathione S-transferase, catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, and lipid peroxidation as biomarkers of oxidative stress in snails: A review. *Invertebrate Survival Journal.* 2016. Vol. 13. P. 336–349.
3. Biagianni-Risbourg S., Paris-Palacios S., Mouneyrac C., Amiard-Triquet C. Pollution Acclimation, Adaptation, Resistance, and Tolerance in Ecotoxicology. *Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology.* Dordrecht : Springer, 2013. P. 883–892. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5704-2_81
4. Bolotov I. N., Makhrov A. A., Gofarov M. Y., Aksenova O. V., Aspholm P. E., Bepalaya Y., Kabakov M. V., Kolosova Y. S., Kondakov A. V., Ofenböck T., Ostrovsky A. N., Popov I. Yu., von Proschwitz T., Rudzite M., Rudzitis M., Sokolova S. E., Valovirta I., Vikhrev I. V., Vinarsky M. V., Zotin A. A. Climate warming as a possible trigger of keystone mussel population decline in oligotrophic rivers at the continental scale. *Scientific Reports.* 2018. Vol. 8, № 35. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18873-y>
5. Canesi L., Corsi I. Effects of nanomaterials on marine invertebrates. *Sci. Total. Environ.* 2016. Vol. 565. P. 933–940. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.085>
6. Doyle J. J., Ward J. E., Mason R. Exposure of bivalve shellfish to titania nanoparticles under an environmental-spill scenario: Encounter, ingestion and egestion. *Journal of the Marine Biological Association of the UK.* 2016. Vol. 96, №1. P. 137–149. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315415001174>
7. Falfushynska H. I., Gnatyshyna L. L., Golubev A. P., Stoliar O. B. Main partitioning criteria for the characterization of the health status in the freshwater mussels *Anodonta cygnea* from spontaneously polluted area in Western Ukraine. *Environmental Toxicology.* 2012. Vol. 27, № 8. P. 485–494.

8. Falfushynska H., Gnatyshyna L., Yurchak I., Ivanina A., Stoliar O., Sokolova I. Habitat pollution and thermal regime modify molecular stress responses to elevated temperature in freshwater mussels (*Anodonta anatina*: Unionidae). *Science of the Total Environment*. 2014. Vol. 500–501. P. 339–350.
9. Falfushynska H., Gnatyshyna L., Yurchak I., Stoliar O., Sokolova I. M. Interpopulational variability of molecular responses to ionizing radiation in freshwater bivalves *Anodonta anatina* (Unionidae). *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 568. P. 444–456.
10. Gnatyshyna L., Falfushynska H., Bodilovska O., Oleynik O., Golubev A., Stoliar O. Metallothionein and glutathionein *Lymnaea stagnalis* determine the specific city of responses on the effects of ionizing radiation. *Radioprotection*. 2012. Vol. 47, № 2. P. 231–242.
11. Lydeard C., Cowie R. H., Ponder W. F., Bogan A. E., Bouchet P., Clark S. A., Cummings K. S., Frest T. J., Gargominy O., Herbert D. G., Hershler R., Perez K. E., Roth B., Seddon M., Strong E. E., Thompson F. G. The global decline of nonmarine mollusks. *Bio. Science*. 2004. Vol. 54, № 4. P. 321–330. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0321:TGDONM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2)
12. Mischuk Y. V., Stoliar O. B. Peculiarities of metallothioneins of the bivalve mollusc *Anodonta cygnea* L. in the natural and laboratory living conditions. *Hydrobiol. J.* 2009. Vol. 45. P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v45.i5.70>.
13. Moreira D. C., Venancio L. P. R., Sabino M. A. C. T., Hermes-Lima M. How widespread is preparation for oxidative stress in the animal kingdom? *Comp. Biochem. Phys.* 2016. Vol. 200A. P. 64–78.
14. Newton T. J., Cope W. G. Biomarker responses of unionid mussels to environmental contaminants. *Freshwater Bivalve Ecotoxicology*. Boca Raton : CRC Press, 2007. P. 257–284.
15. Paital B., Panda S. K., Hati A. K., Mohanty B., Mohapatra M. K., Kanungo S., Chainy G. B. N. Longevity of animals under reactive oxygen species stress and disease susceptibility due to global warming. *World. J. Biol. Chem.* 2016. Vol. 7, № 1. P. 110–127. DOI: <https://doi.org/10.4331/wjbc.v7.i1.110>
16. Ruttkay-Nedecky B., Nejdil L., Gumulec J., Zitka O., Masarik M., Eckschlager T., Stiborova M., Adam V., Kizek R. The role of metallothionein in oxidative stress. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. Vol. 14. P. 6044–6066. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14036044>.
17. Springe G., Grinbega L., Briede A. The role of the hydrological and hydromorphological factors in the forming of ecological quality of the medium-sized low land streams. *Hydrology Research*. 2009. Vol. 41, № 3–4. P. 330–337.
18. Stoliar O. B., Lushchak V. I. Environmental Pollution and Oxidative Stress in Fish. *Oxidative Stress - Environmental Induction and Dietary Antioxidants*. 2012. P. 131–166. URL: <http://www.intechopen.com/books/oxidative-stress-environmental-induction-and-dietary-antioxidants/environmental-pollution-and-oxidative-stress-in-fish>
19. Zhang J., Wang X., Vikash V., Ye Q., Wu D., Liu Y., Dong W. ROS and ROS-Mediated Cellular Signaling. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2016. Vol. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4350965>
20. Масікевич Ю. Г., Шестопалов О. В., Негадайло та ін. Теорія систем в екології : підручник. Суми : Сумський державний університет, 2015. 330 с.

References

1. Ács A., Vehovszky Á., Györi J., Farkas A. Seasonal and size-related variation of subcellular biomarkers in quagga mussels (*Dreissena bugensis*) inhabiting sites affected by moderate contamination with complex mixtures of pollutants. *Environ. Monit. Assess.* 2016. Vol. 188, №7. P. 426. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5432-y>
2. Bhagat J., Ingole B. S., Singh N. Glutathione S-transferase, catalase, superoxide dismutase, glutathione peroxidase, and lipid peroxidation as biomarkers of oxidative stress in snails: A review. *Invertebrate Survival Journal*. 2016. Vol. 13. P. 336–349.
3. Biagianti-Risbourg S., Paris-Palacios S., Mouneyrac C., Amiard-Triquet C. Pollution Acclimation, Adaptation, Resistance, and Tolerance in Ecotoxicology. *Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology*. Dordrecht : Springer, 2013. P. 883–892. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5704-2_81
4. Bolotov I. N., Makhrov A. A., Gofarov M. Y., Aksenova O. V., Aspholm P. E., Bepalaya Y., Kabakov M. V., Kolosova Y. S., Kondakov A. V., Ofenböck T., Ostrovsky A. N., Popov I. Yu., von Proschwitz T., Rudzite M., Rudzitis M., Sokolova S. E., Valovirta I., Vikhrev I. V., Vinarsky M. V., Zotin A. A. Climate warming as a possible trigger of keystone mussel population decline in oligotrophic rivers at the continental scale. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8, № 35. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18873-y>
5. Canesi L., Corsi I. Effects of nanomaterials on marine invertebrates. *Sci. Total. Environ.* 2016. Vol. 565. P. 933–940. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.085>

6. Doyle J. J., Ward J. E., Mason R. Exposure of bivalve shellfish to titania nanoparticles under an environmental-spill scenario: Encounter, ingestion and egestion. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. 2016. Vol. 96, №1. P. 137–149. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315415001174>
7. Falfushynska H. I., Gnatyshyna L. L., Golubev A. P., Stoliar O. B. Main partitioning criteria for the characterization of the health status in the freshwater mussels *Anodonta cygnea* from spontaneously polluted area in Western Ukraine. *Environmental Toxicology*. 2012. Vol. 27, № 8. P. 485–494.
8. Falfushynska H., Gnatyshyna L., Yurchak I., Ivanina A., Stoliar O., Sokolova I. Habitat pollution and thermal regime modify molecular stress responses to elevated temperature in freshwater mussels (*Anodonta anatina*: Unionidae). *Science of the Total Environment*. 2014. Vol. 500–501. P. 339–350.
9. Falfushynska H., Gnatyshyna L., Yurchak I., Stoliar O., Sokolova I. M. Interpopulational variability of molecular responses to ionizing radiation in freshwater bivalves *Anodonta anatina* (Unionidae). *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 568. P. 444–456.
10. Gnatyshyna L., Falfushynska H., Bodilovska O., Oleynik O., Golubev A., Stoliar O. Metallothionein and glutathionein *Lymnaea stagnalis* determine the specificity of responses on the effects of ionizing radiation. *Radioprotection*. 2012. Vol. 47, № 2. P. 231–242.
11. Lydeard C., Cowie R. H., Ponder W. F., Bogan A. E., Bouchet P., Clark S. A., Cummings K. S., Frest T. J., Gargominy O., Herbert D. G., Hershler R., Perez K. E., Roth B., Seddon M., Strong E. E., Thompson F. G. The global decline of nonmarine mollusks. *Bio. Science*. 2004. Vol. 54, № 4. P. 321–330. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0321:TGDONM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2)
12. Mischuk Y. V., Stoliar O. B. Peculiarities of metallothioneins of the bivalve mollusc *Anodonta cygnea* L. in the natural and laboratory living conditions. *Hydrobiol. J.* 2009. Vol. 45. P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v45.i5.70>.
13. Moreira D. C., Venancio L. P. R., Sabino M. A. C. T., Hermes-Lima M. How widespread is preparation for oxidative stress in the animal kingdom? *Comp. Biochem. Phys.* 2016. Vol. 200A. P. 64–78.
14. Newton T. J., Cope W. G. Biomarker responses of unionid mussels to environmental contaminants. *Freshwater Bivalve Ecotoxicology*. Boca Raton : CRC Press, 2007. P. 257–284.
15. Paital B., Panda S. K., Hati A. K., Mohanty B., Mohapatra M. K., Kanungo S., Chainy G. B. N. Longevity of animals under reactive oxygen species stress and disease susceptibility due to global warming. *World. J. Biol. Chem.* 2016. Vol. 7, № 1. P. 110–127. DOI: <https://doi.org/10.4331/wjbc.v7.i1.110>
16. Ruttkay-Nedecky B., Nejdil L., Gumulec J., Zitka O., Masarik M., Eckschlager T., Stiborova M., Adam V., Kizek R. The role of metallothionein in oxidative stress. *Int. J. Mol. Sci.* 2013. Vol. 14. P. 6044–6066. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14036044>.
17. Springe G., Grinbega L., Briede A. The role of the hydrological and hydromorphological factors in the forming of ecological quality of the medium-sized low land streams. *Hydrology Research*. 2009. Vol. 41, № 3–4. P. 330–337.
18. Stoliar O. B., Lushchak V. I. Environmental Pollution and Oxidative Stress in Fish. *Oxidative Stress - Environmental Induction and Dietary Antioxidants*. 2012. P. 131–166. URL: <http://www.intechopen.com/books/oxidative-stress-environmental-induction-and-dietary-antioxidants/environmental-pollution-and-oxidative-stress-in-fish>
19. Zhang J., Wang X., Vikash V., Ye Q., Wu D., Liu Y., Dong W. ROS and ROS-Mediated Cellular Signaling. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2016. Vol. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4350965>
20. Masikevych Yu. H., Shestopalov O. V., Nehadaylo ta in. *Teoriia system v ekologii : pidruchnyk*. Sumy : Sums'kyi derzhavnyi universytet, 2015. 330 s. (in Ukrainian).

О. Б. Столяр, Л. Л. Гнатишина, В. В. Хома, Г. Х. Спринге

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
ДВНЗ "Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України"
Латвійський університет

ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНЬОГО ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ОКИСНОГО СТРЕСУ В ОЦІНЦІ ВПЛИВУ ДОВКІЛЛЯ НА ПРІСНОВОДНИХ МОЛЮСКІВ

Несприятливі чинники довкілля викликають у водних тварин реакцію окисного стресу. Проте, залежно від сили та тривалості дії чинника, ця реакція може сильно відрізнятись. Метою роботи був аналіз отриманих результатів оцінки антиоксидантних активностей у прісноводних молюсків з точки зору успішності реакції окисного стресу. Було застосовано нещодавно запропонований інтегральний індекс «Приготування до окисного стресу» (ПОС). Порівнювали три популяції двостулкових молюсків з басейну ріки Дністер упродовж трьох сезонів за їх здатністю витримувати вплив нагрівання (25°C та 30°C упродовж 14 діб) та іонізуюче

випромінювання (14 діб після одноразової експозиції до 2 мГр). Для дослідження молюски відбирали в умовно чистій місцевості, сільськогосподарській місцевості із високим рівнем забруднення та у ставі-охолоджувачі атомної електростанції з постійно підвищеною температурою води. Параметри для розрахунку ПОС включали загальну супероксиддисмутазну активність, каталазну та глутатіонS-трансферазну активність, концентрацію глутатіону та металотіонеїнів (визначену за вмістом тіолів). Значення були розраховані як величина відхилення (% відхилення) у порівнянні з відповідним контролем (референтна місцевість у польовому дослідженні або група, що не піддавалась впливу чинника у лабораторних умовах). Розрахунок ПОС включав три критерії оцінки вірогідних відхилень від контролю: фіксували кількість позитивних та негативних змін та їх діапазон. Аналіз показав, що реакції ПОС були в межах адаптивної здатності у всіх досліджених ситуаціях. Результати обчислення ПОС дозволили розрізнити чотири стадії реакції окисного стресу, що реалізуються в молюсків у польових та експериментальних умовах. Найпомітніші зміни були відзначені для глутатіону (здебільшого позитивні), тоді як рівень металотіонеїну був переважно пригніченим, особливо за впливу нагрівання. Депресивне спрямування реакції ПОС було встановлено у випадках впливу екстремальної температури, іонізуючої радіації, особливо для молюсків із сильно забруднених територій. Очевидною є вирішальна роль ПОС як стратегії виживання молюсків за умови впливу несприятливих чинників залежно від їх життєвої історії.

Ключові слова: антиоксиданти, активні форми кисню, окисний стрес, інтегральні індекси, двостулкові молюски

Надійшла 29.01.2019.

ЕКОЛОГІЯ

УДК 597.554.3 –11: 547.235.2 574.64 (28)

doi:10.25128/2078-2357.19.1.7

К. КОФОНОВ, О.С. ПОТРОХОВ, О.Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ

Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна
пр.-т Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210
e-mail: kirillkofonov16@gmail.com

ВПЛИВ АМОНІЙНОГО АЗОТУ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОЛОДІ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)

Досліджено вплив підвищених концентрацій амонійного азоту на фізіолого-біохімічний стан молоді карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* B.). Показано адаптаційні реакції молоді на дію йонів амонію, які проявлялися у зміні активності ферментів енергетичного обміну, зокрема лактатдегідрогенази (ЛДГ) та сукцинатдегідрогенази (СДГ). Встановлено чинники, що призводять до змін вмісту білка, загальних ліпідів, глікогену в м'язах та зябрах, а також вмісту глюкози в плазмі крові.

Ключові слова: карась сріблястий, молодь риб, амонійний азот, адаптація, білок, ліпіди, глікоген, глюкоза, ЛДГ, СДГ

Антропогенне навантаження суттєво погіршує екологічний стан навколишнього середовища, зокрема і водного [1]. Забруднення водою токсичними речовинами безперечно впливає на проходження метаболічних процесів у риб, призводить до істотного зниження чисельності та життєстійкості гідробіонтів, зокрема і молоді риб [2].

В Україні відзначається інтенсивний розвиток міських агломерацій, що супроводжується збільшенням частки населення та площі міст. Функціонування міських водогосподарських комплексів є важливим чинником впливу на кількісні та якісні показники водних об'єктів, роль якого невпинно зростає. Встановлено, що у поверхневих водах басейну р. Дніпро найбільш істотно змінюється концентрація біогенних елементів (фосфат-йонів та неорганічних форм азоту). Ці сполуки є основною складовою господарсько-побутових стоків [3, 4].

Питання щодо токсичності неорганічних форм азоту, зокрема найбільш токсичної їх форми – аміаку, для водяних тварин, особливо для риб, досить широко досліджено й висвітлено в сучасній літературі [5, 6]. Встановлено, що у риб, які знаходилися під дією високих концентрацій аміаку, проявлялися наступні симптоми отруєння: підвищена рухливість, висока швидкість руху, порушення координації руху, зростання інтенсивності дихання, судоми, плавання по спіралі, спроби заковтнути повітря з поверхні води, збільшення слизової секреції зябер і поверхневих покривів тіла, крововиливи в зябрах і потемніння шкіри. Показано, що концентрація аміаку у воді вище 0,2 мг/дм³ знижує життєстійкість риб [7]. Але вплив амонійного азоту на фізіолого-біохімічний стан молоді риб, зокрема карася сріблястого, досліджено не достатньо.

Тому метою наших досліджень було визначити зміни фізіолого-біохімічного стану молоді карася сріблястого за хронічної дії підвищених концентрацій амонійного азоту.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилося на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України в модельних умовах. Молодь карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* В.) утримувалася в акваріумах об'ємом 30 дм³ з концентрацією амонійного азоту 0,1 мг N/дм³ (контроль); 1,0; 2,5; 5,0 та 15,0 мг N/дм³ протягом 14 діб. Контрольна група риб знаходилася в аналогічному за об'ємом акваріумі з водою з р. Рось, у якій вміст амонійного азоту достовірно менший за ГДК_{рибогосп.} [8]. Під час проведення експерименту проводилася щоденна підміна води обсягом 1/3 від загального об'єму і вносилися відповідна, кратна початковій концентрація хлориду амонію, для підтримання сталих умов.

Після закінчення експерименту в лабораторних умовах визначали біохімічні показники молоді карася у крові, зябрах та м'язах. Відбір крові проводився за допомогою інсулінових шприців з гепарином або пастерівською піпеткою. Вміст білка встановлювали за Лоурі [9], рівень загальних ліпідів визначався за допомогою комерційного набору «Загальні ліпіди» (Філісіт-Діагностика, Україна), кількість глікогену антроновим методом [10]. Вміст глюкози у крові визначали глюкозооксидазним методом за допомогою комерційного набору «Глюкоза-Ф» (Філісіт-Діагностика, Україна). Біохімічні дослідження проводилися за допомогою спектрофотометра СФ-26 та фотоелектроколометра КФК-2МП.

Результати досліджень та їх обговорення

Відомо, що важливу роль в метаболізмі, рості, розвитку та адаптації риб до токсичного навантаження відіграють білки [11]. За біохімічними дослідженнями встановлено, що вміст білка у м'язах за концентрації 1,0 мг N/дм³ збільшувався на 7% порівняно до контролю щодо їх участі в процесах детоксикації надлишкового аміаку в них. Проте, у зябрах спостерігалось зниження вмісту білка на 16% відносно контролю. Вірогідно зябра в процесах екскреції аміаку з організму через хлоридні клітини частково втрачають білкові сполуки. За концентрації амонію 1,0 мг N/дм³ карась здатний досягати необхідного рівня толерантності до нього і в організмі активно відбуваються процеси компенсації токсичного впливу. За концентрації амонію 2,5 мг N/дм³ (2,5 ГДК) відмічене зниження вмісту білка на 20–22% в обох досліджених тканинах (рис.1). Можливо, білок як альтернативне джерело енергії утилізується для енергетичного забезпечення процесів детоксикації та екскреції амонію та аміаку [12]. За 5,0 та 15,0 мг N/дм³ кількість білка вже знижується на 54% у м'язах та 25–27% в зябрах порівняно до контролю. Це свідчить, що істотна концентрація амонійного азоту спричиняє очевидне виснаження захисних ресурсів молоді карася.

Щодо вмісту загальних ліпідів в м'язах та зябрах, то при підвищенні концентрації амонію з 0,1 до 2,5 мг N/дм³ їх рівень зростав прямопропорційно підвищенню концентрації токсиканту та був вищим на 28–31% при максимальній концентрації (див. рис.1). Це вказує на те, що ліпіди залучені в адаптаційних процесах до дії токсиканту, зокрема в ущільненні ліпідної складової мембран клітин [13]. Безперечно, це є однією з основних компенсаторних реакцій на негативний вплив йонів амонію. З подальшим зростанням концентрації йонів амонію та внаслідок досягнення межі адаптаційних можливостей молоді карася відмічалось зниження вмісту загальних ліпідів на 17–30% в м'язах при концентрації 5,0 та 15,0 мг N/дм³ амонію та зябрах на 9–20% відносно контролю.

Відомо, що зябра не запасують ліпіди і тому їх вміст у більшості видів риб знаходиться на певному рівні, однак й може змінюватися за дії несприятливих чинників [14]. Зябра безпосередньо контактують із навколишнім середовищем, підлягають прямому впливу забруднюючих речовин, наслідком чого може бути пригнічення загального обміну речовин, але при активації процесів ліполізу, що приводить до зниження вмісту ліпідів у їх тканинах [15]. Саме зябра приймають активну участь в процесах азотного обміну та виведенню аміаку з організму в якості метаболічного залишку [16].

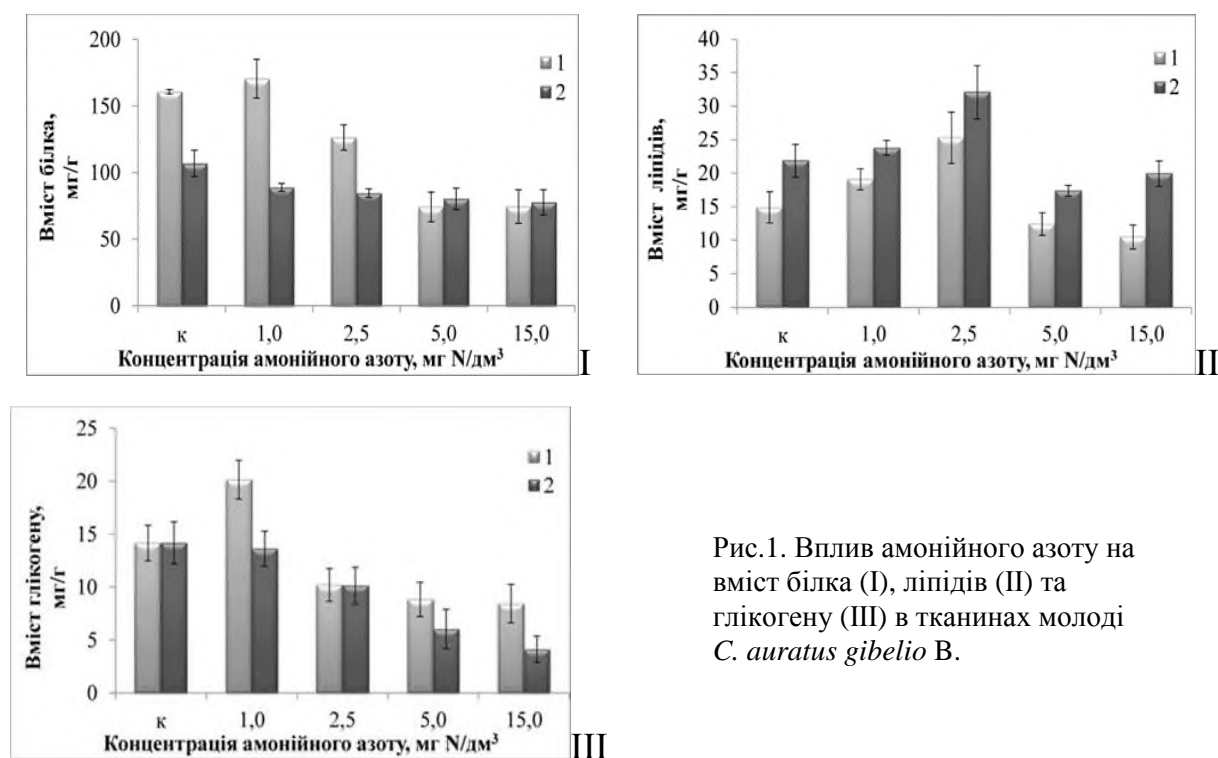


Рис.1. Вплив амонійного азоту на вміст білка (I), ліпідів (II) та глікогену (III) в тканинах молоді *C. auratus gibelio* B.

Вміст глікогену як у м'язах, так і в зябрових пелюстках за дії підвищення концентрації амонію достовірно знижувався відносно контролю. У м'язах при концентрації амонію 1 мг N/дм³ вміст глікогену дещо зростає через активацію гліконеогенезу, а потім за підвищення концентрації до 2,5–15,0 мг N/дм³ знижується на 27%, 37%, 41% залежно від рівня амонію порівняно до контролю (див. рис. 1). Це відбувається внаслідок зростання енергетичних потреб у процесах детоксикації амонію. У зябрах за рахунок активної участі в процесах екскреції токсиканта вміст глікогену також знижувався на 4%, 28%, 57%, 71% відносно контролю по мірі зростання концентрації амонійного азоту. Це свідчить про пропорційні енерговитрати при токсичному навантаженні на організм [17].

З літературних джерел відомо, що за токсичного навантаження організм витрачає значно більшу кількість енергії для підтримки гомеостазу, адже біохімічні адаптивні відповіді протікають із залученням великої кількості енергоємних сполук, таких як глюкоза, глікоген і білки [18, 19].

За хронічної дії амонійного азоту на молодь карася сріблястого було встановлено, що концентрація 1,0 мг N/дм³ призводить до підвищення рівня глюкози в крові на 34% порівняно до контролю. При подальшому підвищенні концентрації токсиканту рівень глюкози в плазмі крові поступово знижується до контрольних значень (рис. 2). Так, за дії 1,0 мг N/дм³ вміст глюкози в крові карася сріблястого становив 8,34 ммоль/дм³, при 2,5 мг N/дм³ – 7,17 ммоль/дм³, при 5,0 мг N/дм³ – 6,78 ммоль/дм³, при 15,0 мг N/дм³ – 6,33 ммоль/дм³, в контролі – 6,22 ммоль/дм³.

З результатів дослідження ми можемо зробити припущення, що значне підвищення рівню глюкози в плазмі крові за дії токсиканту, може бути викликано її утворенням із неуглеводневих речовин, як це показано за токсичного стресу у риб [20]. Про це також свідчить зниження вмісту білків і ліпідів, які можливо частково задіяні в цих процесах [14].

Важливим ферментом вуглеводного обміну в тканинах риб є лактатдегідрогеназа (ЛДГ), яка забезпечує взаємоперетворення лактату і пірувату – кінцевих продуктів гліколізу. Визначення та порівняння її активності з активністю інших ферментів енергетичного обміну дозволяє судити про переважання гліколізу або аеробного окиснення вуглеводів в організмі. Як правило перехід організму на анаеробний метаболізм є одним з критеріїв, який вказує на розвиток патології, спричиненої наприклад дією токсикантів [21]. Зміна активності ЛДГ чітко

вказує на токсичний вплив на організм, зокрема молоді риби [22], та характеризує протікання енергетичних процесів пристосування до умов навколишнього середовища [23, 27].

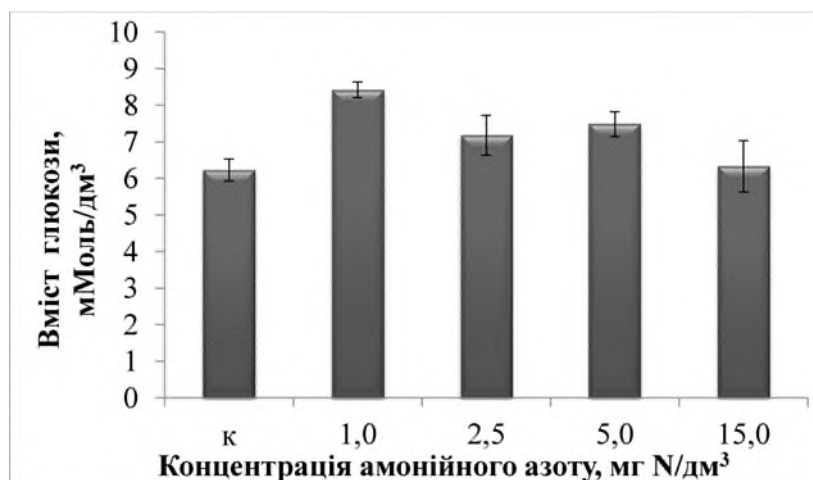


Рис. 2. Вплив амонійного азоту на вміст глюкози в плазмі крові молоді *C. auratus gibelio* В.

Підвищення активності ЛДГ в тканинах риби свідчать про наявність стресових ситуацій [24, 25, 26].

Сукцинатдегідрогеназа (СДГ) – це фермент аеробного розщеплення вуглеводів. З літературних джерел відомо, що за рівнем його активності можливо визначити наявність стресових явищ, наприклад, впливу підвищених концентрацій амонійного азоту на тіляпію мозамбікську. Активність СДГ використовується як маркерний показник, її активність у хлоридних клітинах зябер є індикатором ступеню йонного обміну, у тому числі екскреції ними аміаку [28].

Як показали дослідження, активність СДГ у зябрах знижується у 7, 19 та 38 разів прямопропорційно підвищенню концентрації з 2,5 до 15,0 мг N/дм³ токсиканту відповідно до контролю (рис. 3). Активність ЛДГ в них у молоді карася сріблястого за концентрації амонію 1,0 мг N/дм³ знижується на 46% відносно контролю, що свідчить про переважання аеробних обмінних процесів. Надалі з підвищенням концентрацій амонію до 5,0 та 15,0 мг N/дм³ її активність достовірно зростає на 16 та 25% порівняно до контролю (рис. 3). Це свідчить про зміни обміну речовин в бік переважання анаеробних процесів, викликаних дією високих концентрацій токсиканту на зябра.

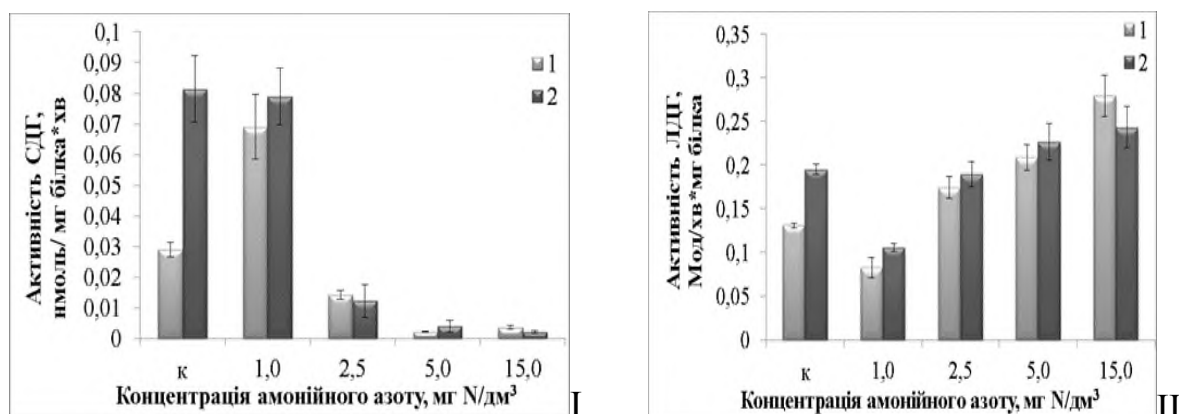


Рис. 3. Вплив амонійного азоту на активність СДГ (I) та ЛДГ (II) в тканинах молоді *C. auratus gibelio* В.

Примітки: 1 – м'язи, 2 – зябра.

На рис. 3 видно, що активність ЛДГ у м'язах при концентрації 1,0 мг N/дм³ достовірно знижується на 37% порівняно до контролю, тоді як активність СДГ зростає у 2,3 рази. Це свідчить про нормальний перебіг окисно-відновних процесів у м'язах. Цей факт також підтверджується несуттєвим зростанням вмісту деяких енергоємних сполук, таких, як загальний білок та глікоген. З підвищенням концентрації амонію активність ЛДГ у м'язах зростає та переважає її рівень у контролі на 25%, 37% та 53% за концентрацій 2,5; 5,0 та 15,0 мг N/дм³. При цьому встановлено зниження активності СДГ у м'язах молоді карася сріблястого, прямопропорційне концентрації амонію у 2; 13 та 8 разів за 2,5; 5,0 та 15,0 мг N/дм³ відносно значень контролю.

Таким чином, під впливом йонів амонію відмічено пригнічення активності окисних процесів в організмі, яке проявляється у зниженні активності СДГ та переважанні гліколізу при підвищенні активності ЛДГ в м'язах та зябрах молоді карася сріблястого [29]. Виходячи з цього припускаємо, що має місце порушення нормального перебігу окисно-відновних процесів та активізації гліколізу як відповіді організму на забезпечення значних енергопотреб.

Висновки

Таким чином, молодь карася сріблястого під дією підвищених концентрацій амонійного азоту у воді знаходиться в стані хронічного токсичного стресу. За впливу йонів амонію істотно змінюється фізіолого-біохімічний стан риб. Стресові реакції підвищують інтенсивність обмінних процесів у м'язах та зябрах молоді карася, які супроводжуються використанням значної кількості енергоємних сполук, зокрема глікогену та білка, для належного енергозабезпечення процесів протидії шкідливому впливу токсиканту. З отриманих результатів видно, що спочатку у міру збільшення концентрації йонів амонію відбувається незначне зростання вмісту білка з наступним його зниженням в тканинах м'язів та зябер при зменшенні вмісту глікогену в них. Це вказує на посилення розвитку стрес-реакцій, як основних механізмів захисту і протидії токсиканту та пов'язаних з цими процесами енерговитрат.

За хронічної дії підвищеної концентрації амонійного азоту підвищується рівень глюкози в плазмі крові молоді карася сріблястого за рахунок розщеплення глікогену.

Зміни активності ферментів енергетичного обміну (ЛДГ та СДГ) в тканинах молоді карася сріблястого за тривалої дії високих концентрацій токсиканту вказують на частковий перехід метаболізму на анаеробні процеси. Таким чином, зростання активності ЛДГ при зниженні активності СДГ є проявом адаптаційних реакцій та вказує про наявність стресових умов, спричинених токсикантом. Ці реакції характеризують протікання обмінних процесів, спрямованих на пристосування до умов навколишнього середовища.

1. Булатова А.А. Антропогенное воздействие на окружающую среду и здоровье человека / А.А. Булатова, Н.К. Антропова // Новое слово в науке: перспективы развития. Мат. VI междунар. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 20 нояб. 2015 г.). — Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. — С. 236—237.
2. Дудник С.В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування, [Монографія] / С.В. Дудник, М.Ю. Євтушенко. — К.: Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2013. — 297 с.
3. Хільчевський В.К. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / [В.К. Хільчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк та ін.]. — К.: Ніка-Центр, 2009. — 115 с.
4. Дзюбенко О.В. Екологічний стан малих річок Лівобережної України / О.В. Дзюбенко, А.В. Можаровська // Молодий вчений. — 2017. — № 2. — С.4—7.
5. Alabaster J.S. Water quality criteria for freshwater fish / J.S. Alabaster, R. Lloyd. — London: Butterworth, 1980. — P. 85—102.
6. Report on ammonia and inland fisheries. European Island Fisheries Advisory Commission / Working party on water quality criteria for European freshwater fish. — FAO of the UN. /EIFAC, Rome — 1970. — 12 p.
7. Abdalla A. Effect of chronic ammonia exposure on growth performance, serum growth hormone (GH) levels and gill histology of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / A. Abdalla, El-Shebly, Heba Allah M.J. Gad // Microbiol. Biotech. Res. — 2011. — 1 (4). — P.183—197.
8. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми : СОУ-05.01.-37-385:2006 / [Чинний від 2007—07—16]. — К.: Міністерство аграрної політики України, 2006. — С. 7.

9. Lowry O.H. Protein measurement with the folin phenol reagent / [O.H. Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall // *Journal of Biological Chemistry*. — 1951. — 193, № 1. — P. 265—275.
10. Шапиро Д.К. Практикум по биологической химии. — Минск, Вышэйшая школа. — 1976. — 288 с.
11. Мурадова Г.Р. Динамика содержания белков в сыворотке крови сеголеток карпа при хроническом воздействии тяжелых металлов / Г.Р. Мурадова, А.И. Рабаданова // *Успехи современного естествознания*. — 2012. — № 7. — С.58—62.
12. Потрохов О.С. Фізіолого-біохімічні механізми адаптації риб до змін екологічних чинників водного середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: 03.00.10. К.: ІГБ НАН України, 2011. — 44 с.
13. Шульман Г.Е. ДГК и ненасыщенность липидов у рыб / Г.Е. Шульман, Т.Г. Юнева // *Гидробиол.журн.* — 1990. — Т. 26, № 6. — С. 50—55.
14. Лав Р.М. Химическая биология рыб / Р. М. Лав. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 349 с.
15. Бияк В.Я. Аналіз гідрохімічних показників малих річок Західного Поділля / В.Я. Бияк, Б.З. Ляврін, В.О. Хоменчук // *Наукові записки Тернопільського нац. пед. університету ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*. — 2010. — № 4. — С. 115—121.
16. Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах / С. Спотт. — М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. — 192 с.
17. Потрохов О.С. Сезонні зміни загальних біохімічних показників коропів під впливом сполук алохтонного азоту / О.С. Потрохов, О.Г. Зіньковський, Н.О. Могилевич // *Рибгосподарська наука України*. — 2010. — № 2. — С. 72—79.
18. Романенко В.Д. Гормональный механизм энергообеспечения адаптации рыб к воздействию минерального азота / В.Д. Романенко, А.С. Потрохов // *Гидробиол. журн.* — 2010. — Т. 46, № 6. — С.58—66.
19. Prychepa M.V. Hormonal Regulation of Adaptive Processes in Fishes to Impact of Abiotic factors (a Review) / M.V. Prychepa, O.S. Potrokhov // *Hydrob. J.* — 2016. — V. 52, i 3. — P. 86—98.
20. Грубинко В.В. Роль глюкозо-аланинового цикла в обеспечении аммонийного гомеостаза у рыб в экстремальных условиях / В.В. Грубинко, А.А. Жиденко, А.Ф. Явоненко // *Экологическая физиология и биохим. рыб.* — Петрозаводск: Изд-во Карел. научн. центра РАН, 1992. — Т. 1. — С. 76—78.
21. Хочачка П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, Дж. Сомеро. — М.: Мир, 1988. — 568 с.
22. Kaplan L.A. *Clinical Chemistry: Theory, Analysis, Correlation* / L.A. Kaplan, A.J. Pesce. — St. Louis, MO: Mosby. — 1996. — 1064 p.
23. Зіньковський О.Г. Активність лактатдегідрогенази у деяких видів риб з різних популяцій / О.Г. Зіньковський, О.С. Потрохов, Ю.М. Худіяш, В.П. Пустовгар // *Наукові записки Тернопільського нац. пед. університету ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія*. — 2011. — Вип. 2 (47). — С. 182—186.
24. Diamantino T.C. Lactate dehydrogenase activity as an effect criterion in toxicity tests with *Daphnia magna* Straus / T.C. Diamantino, E. Almeida, A.M. Soares, V.M. Guilhermino // *Chemosphere*. — 2001. — 45 (4-5). — P. 553—560.
25. Oluah N.S. Effect of exposure to sublethal concentrations of gammalin 20 and actellic 25 ec on the liver and serum lactate dehydrogenase activity in the fish *Clarias albopunctatu* / N.S. Oluah, J.C. Ezigbo, N.C. Anya // *Animal Research International*, — 2005. — Vol. 2, № 1. — P. 231—234.
26. Velisek J. Effects of acute exposure to bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Velisek, Z. Svobodova, V. Piackova // *Veterinarni Medicina*. — 2009. — Vol. 54, № 3. — P. 131—137.
27. Rajamanickam V. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / V. Rajamanickam, N. Muthuswamy // *Maejo Intern J Sci Technol*. — 2008. — Vol. 2, № 1. — P. 192—200.
28. Mukherjee S. Acclimation Induced Responses of SDH Activity of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Following Introduction in a New Pond Habitat / S. Mukherjee, Ch. Pradhan, B.B. Jana / *Journal of Applied Aquaculture*. — 2009. — Vol. 21, № 3. — P. 169 —182.
29. Романенко В.Д. Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов. / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. — К.: Наукова думка — 1982. — 152 с.

References

1. Bulatova A.A. Antropogennoe vozdeystvie na okruzhaiushchuiu srediu i zdorov'e cheloveka / A.A. Bulatova, N.K. Antropova // *Novoe slovo v nauke: perspektivy razvitiia. Mat. VI mezhdunar. nauch.– prakt. konf. (Cheboksary, 20 noiab. 2015 g.)*. — Cheboksary: TsNS «Interaktiv plus», 2015. — S. 236—237. (in Russian).
2. Dudnyk S.V. Vodna toksykologhiia: osnovni teoretychni polozhennia ta ikhnie praktychne zastosuvannia, [Monohrafiia] / S.V. Dudnyk, M.Yu. Ievtushenko. — K.: Vyd-vo Ukrain's'koho fitosotsiologichnoho tsentru, 2013. — 297 s. (in Ukrainian).

3. Khil'chevs'kyi V.K. Hidroekolohichnyy stan baseynu richky Ros' / [V.K. Khil'chevs'kyi, S.M. Kurylo, S.S. Dubniak ta in.]. — K.: Nika-Tsentr, 2009. — 115 s. (in Ukrainian).
4. Dziubenko O.V. Ekolohichnyy stan malykh richok Livoberezhnoi Ukrainy / O.V. Dziubenko, A.V. Mozharovska // Molodyy vcheny. — 2017. — No 2. — S.4—7. (in Ukrainian).
5. Alabaster J.S. Water quality criteria for freshwater fish / J.S. Alabaster, R. Lloyd. — London: Butterworth, 1980. — P. 85—102.
6. Report on ammonia and inland fisheries. European Inland Fisheries Advisory Commission / Working party on water quality criteria for European freshwater fish. — FAO of the UN. /EIFAC, Rome — 1970. — 12 p.
7. Abdalla A. Effect of chronic ammonia exposure on growth performance, serum growth hormone (GH) levels and gill histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) / A. Abdalla, El-Shebly, Heba Allah M.J. Gad // Microbiol. Biotech. Res. — 2011. — 1 (4). — P.183—197.
8. Voda rybohospodars'kykh pidpriemstv. Zahal'ni vymohy ta normy : SOU-05.01.-37-385:2006 / [Chynnyy vid 2007—07—16]. — K.: Ministerstvo ahrarynoy polityky Ukrainy, 2006. — S. 7. (in Ukrainian).
9. Lowry O.H. Protein measurement with the folin phenol reagent / [O.H. Lowry, N.J. Rosebrough, A.L. Farr, R.J. Randall // Journal of Biological Chemistry. — 1951. — 193, № 1. — P. 265—275.
10. Shapiro D.K. Praktikum po biologicheskoy khimii. — Minsk, Vysheys'haia shkola. — 1976. — 288 s. (in Russian).
11. Muradova G.R. Dinamika sodержaniia belkov v syvorotke krovi segoletok karpa pri khronicheskomykh vozdeystvii tiazhelykh metallov / G.R. Muradova, A.I. Rabdanova // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia. — 2012. — No 7. — S.58—62. (in Russian).
12. Potrokhov O.S. Fizioloho-biokhimichni mekhanizmy adaptatsii ryb do zmin ekolohichnykh chynnykh vodnoho seredovyshcha: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia dokt. biol. nauk: 03.00.10. K.: IHB NAN Ukrainy, 2011. — 44 s. (in Ukrainian).
13. Shul'man G.E. DGK i nenasyshchennost' lipidov u ryb / G.E. Shul'man, T.G. Iuneva // Hidrobiol.zhurn. — 1990. — T. 26, No 6. — S. 50—55. (in Russian).
14. Lav R.M. Khimicheskaiia biologiiia ryb / R. M. Lav. — M.: Pishch. prom-st', 1976. — 349 s. (in Russian).
15. Byiak V.Ya. Analiz hidrokhimichnykh pokaznykh malykh richok Zakhidnoho Podillia / V.Ya. Byiak, B.Z. Liavrin, V.O. Khomenchuk // Naukovi zapysky Ternopil's'koho nats. ped. universytetu im. V. Hnatiuka. Serii Biolohiia. — 2010. — No 4. — S. 115—121. (in Ukrainian).
16. Spott S. Soderzhanie ryby v zamknutykh sistemakh / S. Spott. — M.: Legk. i pishch. prom-st', 1983. — 192 s. (in Russian).
17. Potrokhov O.S. Sezonnii zminy zahal'nykh biokhimichnykh pokaznykh koropiv pid vplyvom spoluk alokhtonnoho azotu / O.S. Potrokhov, O.H. Zin'kovs'kyi, N.O. Mohylevych // Rybohospodars'ka nauka Ukrainy. — 2010. — No. 2. — S. 72—79. (in Ukrainian).
18. Romanenko V.D. Gormonal'nyy mekhanizm energoobespecheniia adaptatsii ryb k vozdeystviiu mineral'nogo azota / V.D. Romanenko, A.S. Potrokhov // Hidrobiol. zhurn. — 2010. — T. 46, No 6. — S.58—66. (in Russian).
19. Prychepa M.V. Hormonal Regulation of Adaptive Processes in Fishes to Impact of Abiotic factors (a Review) / M.V. Prychepa, O.S. Potrokhov // Hydrob. J. — 2016. — V. 52, i 3. — P. 86—98/
20. Grubinko V.V. Rol' gliukozo-alaninovogo tsikla v obespechenii ammoniynogo gomeostaza u ryb v ekstremal'nykh usloviiakh / V.V. Grubinko, A.A. Zhidenko, A.F. Iavonenko // Ekologicheskaiia fiziologiiia i biokhim. ryb. — Petrozavodsk: Izd-vo Karel. nauchn. tsentra RAN, 1992. — T. 1. — S. 76—78. (in Russian).
21. Khochachka P. Biokhimicheskaiia adaptatsiia / P. Khochachka, Dzh. Somero. — M.: Mir, 1988. — 568 s. (in Russian).
22. Kaplan L.A. Clinical Chemistry: Theory, Analysis, Correlation / L.A. Kaplan, A.J. Pesce. — St. Louis, MO: Mosby. — 1996. — 1064 p.
23. Zin'kovs'kyi O.H. Aktyvnist' laktatdehidrogenazy u deiaknykh vydiv ryb z riznykh populatsiy / O.H. Zin'kovs'kyi, O.S. Potrokhov, Yu.M. Khudiiash, V.P. Pustovhar // Naukovi zapysky Ternopil's'koho nats. ped. universytetu im. V. Hnatiuka. Ser. Biolohiia. — 2011. — Vyp. 2 (47). — S. 182—186. (in Ukrainian).
24. Diamantino T.C. Lactate dehydrogenase activity as an effect criterion in toxicity tests with *Daphnia magna* Straus / T.C. Diamantino, E. Almeida, A.M. Soares, V.M. Guilhermino // Chemosphere. — 2001. — 45(4-5). — P. 553—560.
25. Oluah N.S. Effect of exposure to sublethal concentrations of gammalin 20 and actellic 25 ec on the liver and serum lactate dehydrogenase activity in the fish *Clarias albopunctatus* / N.S. Oluah, J.C. Ezigbo, N.C. Anya // Animal Research International, — 2005. — Vol. 2, № 1. — P. 231—234.
26. Velisek J. Effects of acute exposure to bifenthrin on some haematological, biochemical and histopathological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / J. Velisek, Z. Svobodova, V. Piackova // Veterinarni Medicina. — 2009. — Vol. 54, № 3. — P. 131—137.

27. Rajamanickam V. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / V. Rajamanickam, N. Muthuswamy // Maejo Intern J Sci Technol. — 2008. — Vol. 2, № 1. — P. 192—200.
28. Mukherjee S. Acclimation Induced Responses of SDH Activity of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Following Introduction in a New Pond Habitat / S. Mukherjee, Ch. Pradhan, B.B. Jana / Journal of Applied Aquaculture. — 2009. — Vol. 21, № 3. — P. 169 —182.
29. Romanenko V.D. Kal'tsiy i fosfor v zhiznedeiatel'nosti gidrobiontov. / V.D. Romanenko, O.M. Arsan, V.D. Solomatina. — K.: Naukova dumka — 1982. — 152 s. (in Russian).

K. Kofonov, O.S. Potrokhov, O.G. Zinkovskiy
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Ukraine

THE INFLUENCE OF AMMONIUM NITROGEN ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF YOUNG PRUSSIAN CARP (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)

The influence of elevated ammonium nitrogen concentrations on the physiological and biochemical state of young Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* B.) has been studied. It was established that fish under the influence of increased concentrations of ammonium nitrogen in water is in a state of chronic toxic stress. At the same time, their biochemical state changes significantly. Stress reactions increase the intensity of metabolic processes in the muscles and gills of Prussian carp, accompanied by the use of a significant amount of energy-intensive compounds, in particular glycogen and protein, to adequately provide energy to counteract the harmful effects of the toxicant. First, as the concentration of ammonium ions increases a slight increase in protein content occurs, followed by a decrease in the tissues of the muscles and gills, with a decrease in the content of glycogen in them. This indicates an increase in the development of stress reactions, as the main mechanisms of protection, the prevention of toxicity and related energy costs associated with these processes. With chronic effects of increased concentration of ammonium nitrogen, glucose levels in blood plasma increase due to the cleavage of glycogen.

Changes in the activity of energy metabolism enzymes (LDH and SDH) in fish tissues during prolonged exposure to high concentrations of toxicants indicate a partial transition of metabolism to anaerobic processes. These reactions are characterize the course of metabolic processes aimed at fish adaptation to environmental conditions.

Key words: prussian carp, fish juvenile, ammonium nitrogen, adaptation, protein, lipids, glycogen, glucose, LDH, SDH

Надійшла 27.12.2018.

УДК: 574.63

doi:10.25128/2078-2357.19.1.8

¹О.М. МІХЄЄВ, ¹О.В. ЛАПАНЬ, ²С.М. МАДЖД

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
вул. Академіка Заболотного, 148, Київ, 03143

²Національний авіаційний університет
просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03680
e-mail: k.lapan@ukr.net

БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ¹³⁷Cs

Розроблено мобільну конструкцію біоплато для доочищення водних об'єктів від радіонуклідів. Проведено порівняльне дослідження ефективності очищення наземними рослинами водного середовища на прикладі іонів ¹³⁷Cs. Представлені результати математичного моделювання динаміки накопичення ¹³⁷Cs в системі «експериментальна водойма – біоплато».

27. Rajamanickam V. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.) / V. Rajamanickam, N. Muthuswamy // Maejo Intern J Sci Technol. — 2008. — Vol. 2, № 1. — P. 192—200.
28. Mukherjee S. Acclimation Induced Responses of SDH Activity of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Following Introduction in a New Pond Habitat / S. Mukherjee, Ch. Pradhan, B.B. Jana / Journal of Applied Aquaculture. — 2009. — Vol. 21, № 3. — P. 169 —182.
29. Romanenko V.D. Kal'tsiy i fosfor v zhiznedeiatel'nosti gidrobiontov. / V.D. Romanenko, O.M. Arsan, V.D. Solomatina. — K.: Naukova dumka — 1982. — 152 s. (in Russian).

K. Kofonov, O.S. Potrokhov, O.G. Zinkovskiy
Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Ukraine

THE INFLUENCE OF AMMONIUM NITROGEN ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF YOUNG PRUSSIAN CARP (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO* B.)

The influence of elevated ammonium nitrogen concentrations on the physiological and biochemical state of young Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* B.) has been studied. It was established that fish under the influence of increased concentrations of ammonium nitrogen in water is in a state of chronic toxic stress. At the same time, their biochemical state changes significantly. Stress reactions increase the intensity of metabolic processes in the muscles and gills of Prussian carp, accompanied by the use of a significant amount of energy-intensive compounds, in particular glycogen and protein, to adequately provide energy to counteract the harmful effects of the toxicant. First, as the concentration of ammonium ions increases a slight increase in protein content occurs, followed by a decrease in the tissues of the muscles and gills, with a decrease in the content of glycogen in them. This indicates an increase in the development of stress reactions, as the main mechanisms of protection, the prevention of toxicity and related energy costs associated with these processes. With chronic effects of increased concentration of ammonium nitrogen, glucose levels in blood plasma increase due to the cleavage of glycogen.

Changes in the activity of energy metabolism enzymes (LDH and SDH) in fish tissues during prolonged exposure to high concentrations of toxicants indicate a partial transition of metabolism to anaerobic processes. These reactions are characterize the course of metabolic processes aimed at fish adaptation to environmental conditions.

Key words: prussian carp, fish juvenile, ammonium nitrogen, adaptation, protein, lipids, glycogen, glucose, LDH, SDH

Надійшла 27.12.2018.

УДК: 574.63

doi:10.25128/2078-2357.19.1.8

¹О.М. МІХЄЄВ, ¹О.В. ЛАПАНЬ, ²С.М. МАДЖД

¹Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України
вул. Академіка Заболотного, 148, Київ, 03143

²Національний авіаційний університет
просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, 03680
e-mail: k.lapan@ukr.net

БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ¹³⁷Cs

Розроблено мобільну конструкцію біоплато для доочищення водних об'єктів від радіонуклідів. Проведено порівняльне дослідження ефективності очищення наземними рослинами водного середовища на прикладі іонів ¹³⁷Cs. Представлені результати математичного моделювання динаміки накопичення ¹³⁷Cs в системі «експериментальна водойма – біоплато».

Ключові слова: фітодезактивація, біоплато, наземні рослини, ^{137}Cs

В результаті антропогенної діяльності внаслідок випробування і застосування у військових цілях ядерної зброї, розвитку атомної енергетики, широкого використання джерел іонізуючого випромінювання у медицині, техніці та інших сферах діяльності почало прогресувати забруднення довкілля, у тому числі гідросфери, штучними радіонуклідами [2].

Як відомо, одним із дозоформуючих радіонуклідів являється ^{137}Cs , що чинить канцерогенний вплив на всі живі організми водних екосистем. Радіоізотоп ^{137}Cs є одним з найбільш небезпечних серед довгоживучих радіонуклідів, який має великий період напіврозпаду ($T_{1/2} \approx 30$ років), високу радіотоксичність (β - і γ -випромінювач) і підвищену розчинність у водних середовищах, що сприяє його інтенсивній геохімічній рухливості та ускладнює вилучення з водних об'єктів [1, 6]. Саме тому очищенню водних об'єктів від іонів ^{137}Cs приділяють особливу увагу.

Забруднені іонами ^{137}Cs стічні води, які проходять традиційну фізико-хімічну очистку, в недостатній мірі очищаються і не задовольняють більшість критеріїв якості води, яка скидається у водні об'єкти [3]. І тому важливим завданням являється доочищення водних об'єктів до необхідних нормативів за мінімальні фінансові витрати.

Біологічні методи очищення вод із застосуванням фітотехнологій, що засновані на використанні процесів природного самоочищення водних об'єктів, з використанням вищих водних рослин (ВВР) та водної біоти на сьогодні є найбільш раціональним рішенням поставленого завдання [8, 9].

На цій основі був розроблений новий тип очищення поверхневих водойм, заснований на використанні екосистемних механізмів, який в Україні отримав назву «біоплато», в Німеччині – «ботанічні майданчики», в Великобританії – «очеретяне ложе». У світовій науковій літературі найбільш поширеною назвою для водоочисних споруд такого типу є термін «Constructed Wetlands» або «Artificial Wetlands» [10-11].

Аналіз літературних джерел свідчить, що не тільки вищі водні рослини характеризуються високими коефіцієнтами накопичення, але й наземні рослини в умовах водної культури мають таку ж здатність до акумуляції токсичних речовин. Основними перевагами цього методу є низька енергоємність, високий ступінь очищення, висока ефективність, екологічність та здатність акумулювати радіонукліди [5, 7].

Мета роботи – розробка нової конструкції біоплато для доочищення водних об'єктів від іонів ^{137}Cs .

У ході розробки конструкції біоплато з використанням наземних рослин, що мають максимальну здатність до накопичення радіонуклідів, були поставлені і вирішені наступні завдання:

- визначення поглинальної здатності біоплато з рослинами вівса та вівсяниці щодо іонів ^{137}Cs ;
- моделювання динаміки накопичення ^{137}Cs в системі «експериментальна водойма – рослини (біоплато)».

Матеріал і методи досліджень

Для роботи були використані насіння: вівса посівного (*Avena sativa*) – однорічна рослина сімейства Злаки (*Poaceae*) та вівсяниці лучної (*Festuca pratensis*) – рід квіткових рослин з сімейства Бобові (*Fabaceae*).

Методика конструювання біоплато зводилася до: на дно кювети розміром 21×2,5×2,5 см розміщували сітку; в кювету додавали шар гранульованого пінопласту завтовшки 1,5 см; зверху пінопласту насипали шар перліту (70 см³); в кювету наливали 100 мл відстояної водопровідної води; пульверизатором зволожували поверхню субстрату; розміщували на поверхні насіння вівсяниці (5 см³), вівса (20 см³) і розміщували їх в термостаті при $t = 24$ °С.

Культивування рослин на розчині ^{137}Cs проводили в 0,5-літрових скляних ємностях, які попередньо обробляли протягом 3 діб 0,1 М розчином хлориду цезію з метою запобігання сорбції іонів ^{137}Cs внутрішньою поверхнею ємностей. Використовували відстояну водопровідну воду. Один раз на добу розчин ^{137}Cs переливали в посудину Марінеллі для

визначення питомої активності радіонукліда за допомогою гамма-спектрометра СЕГ-001 «АПК-С»-63. Вихідна питома активність ^{137}Cs становила 3,0 кБк/л, яка за даними попередніх дослідів не викликала помітного впливу на ріст і розвиток рослин. Вимірювання питомої активності ^{137}Cs проводили до похибки вимірювання 3,8 %.

Ступінь очищення водного середовища від ^{137}Cs (CO , %) розраховували наступним чином:

$$CO = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} \cdot 100$$

де C_0 , C_p – відповідно активність іонів ^{137}Cs у вихідному розчині і в розчині після сорбції, кБк/л.

Для опису перенесення і міграції ^{137}Cs в екосистемі «експериментальна водойма – рослини» застосовували метод камерних моделей, де весь ланцюг перенесення радіонуклідів ділять на камери, а взаємодію між ними задають за допомогою коефіцієнтів [4].

Результати досліджень та їх обговорення

Результати перевірки сорбційних властивостей рослин вівса щодо іонів ^{137}Cs представлені на рис. 1.

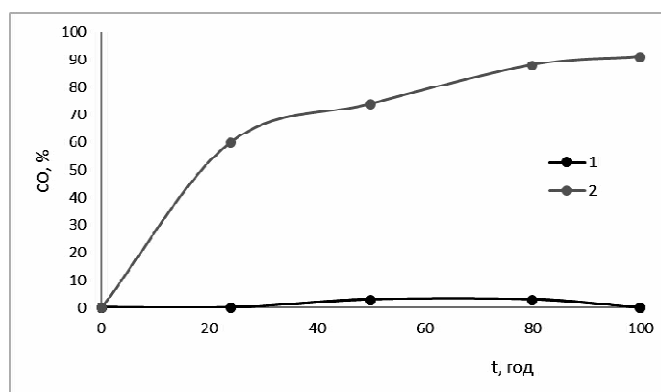


Рис. 1. Динаміка поглинання ^{137}Cs біоплато з рослинами вівса (2) та без них (1), $C_0=3,0$ кБк/л

Наше дослідження показало, що вже через двадцять годин рівень вихідної активності ^{137}Cs зменшився більше, ніж в два рази, а через 80 годин ступінь очищення води від радіонукліду склав близько 90 %, що відбувалося лише за рахунок поглинальної здатності рослин вівса, адже у варіанті біоплато без рослин активність розчину майже не змінювалась.

Враховуючи отримані результати, було прийнято рішення дослідити сорбційні властивості рослин вівсяниці щодо іонів ^{137}Cs (рис. 2).

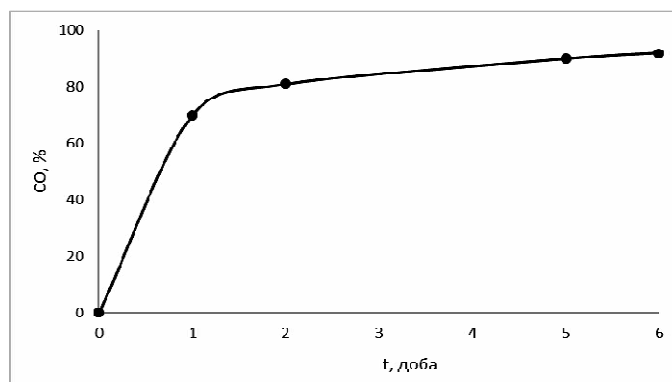


Рис. 2. Динаміка поглинання ^{137}Cs біоплато з рослинами вівсяниці, $C_0=3,0$ кБк/л

Було встановлено, що вже через одну добу ступень очищення водного середовища від ^{137}Cs склав 70 %, а на п'яту та шосту добу спостереження – цей показник варіював близько 92 %.

На рис. 3 представлені результати математичного моделювання динаміки накопичення ^{137}Cs в системі «експериментальна водойма – рослини (біоплато)».

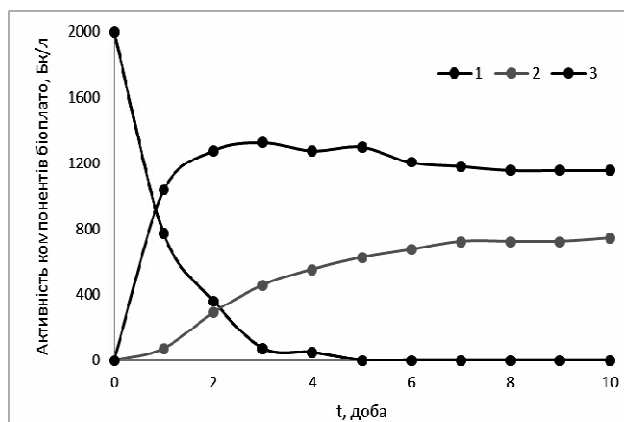


Рис. 3. Результати моделювання динаміки накопичення ^{137}Cs в системі «експериментальна водойма – біоплато»: 1 – активність ^{137}Cs , 2 – корені, 3 – стебла, $C_0=2,0$ кБк/л

З аналізу рис. 3 випливає, що активність ^{137}Cs в середовищі різко зменшується. Очевидно, що іони ^{137}Cs поглинаються кореневою системою, а потім поступово «перекачуються» в стеблову частину рослин, що ми і спостерігали в експерименті. Дана модель дозволяє прогнозувати (передбачати) поведінку системи в діапазоні концентрацій, що не досліджували в експерименті, а також визначати подальші етапи поведінки з біоплато при здійсненні технології очищення – яку частину рослин (або все біоплато) видаляти в певний момент часу.

Висновки

Таким чином, для очищення водних об'єктів від іонів ^{137}Cs розроблено нову плаваючу конструкцію біоплато, біотичною складовою якої є наземні рослини. Вперше проведено серію досліджень з перевірки сорбційних властивостей рослин біоплато щодо іонів ^{137}Cs . Встановлено, що за допомогою рослин віссяниці лучної ступінь очищення водного середовища склав 93 %.

З точки зору застосування біоплато в реальних умовах можна сказати, що передбачається або вилучати цілком біоплато з водойми з подальшим його озоленням (спалюванням) або здійснювати періодичні скошування зеленої маси рослин, яку також в подальшому піддавати озоленню з метою концентрування ^{137}Cs .

1. Волкова О.М. Параметри розподілу радіонуклідів у водоймах різного трофічного статусу / О.М. Волкова, В. В. Беляєв, О. О. Пархоменко, С. П. Пришляк // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. — 2014. — № 11. — С. 127—132.
2. Вплив радіонуклідного забруднення на гідробіонтів зони відчуження. Радіонукліди у водних екосистемах України / М.І. Кузьменко, В.Д. Романенко, В.В. Деревець і ін. — К.: Чорнобиль-інтерінформ, 2001. — 318 с.
3. Романенко В.Д. Гідроекологічна безпека атомної енергетики України / [В.Д. Романенко, М.І. Кузьменко, С.О. Афанасьєв та ін.] // ISSN 0372-6436. Вісн. НАН України. — 2012. — № 6. — С. 41—51.
4. Кутлахмедов Ю.А. Аналіз ефективності контрзаходів для захисту екосистем на схилових ландшафтах методом камерних моделей. Вісник Національного авіаційного університету / Кутлахмедов Ю.А., Петрусенко В.П. — 2006. — № 4. — С. 163—165.
5. Маджд С.М. Досвід експлуатації гідрофітних споруд в Україні та світі / Маджд С.М. // Наукоємні технології. — 2016. — № 2. — С. 228—231.

6. Мірзоєва Н.Ю. Потоки міграції і депонування післяаварійних радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs у різних районах Чорного моря (елементи біогеохімічних циклів) / [Н. Ю. Мірзоєва, С. Б. Гулін, С.І. Архіпова та ін.] // Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили]. Сер.: Техногенна безпека. — 2013. — Т. 210, Вип. 198. — С. 45—51.
7. Міхєєв О.М. Адаптація гідрофітної системи для очистки стічних вод підприємств цивільної авіації / О.М. Міхєєв, С.М. Маджд, О.І. Семенова, Т.І. Дмитруха // Хімія і технологія води. — 2015. — № 3 — С. 574—581.
8. Крот Ю.Г. Высшие растения в биотехнологии очистки поверхностных и сточных вод / Крот Ю.Г. // Гидробиол. журн. — 2006. — 42, № 1. — С. 47—61.
9. Оксьюк О. П. Биоплато и его применение на каналах / О.П. Оксьюк, Г.Н. Олейник // Гидротехника и мелиорация. — 1990. — № 8. — С. 66—70.
10. Yammer D.A. Designing constructed wetlands system to treat agricultural nonpointsource pollution // Ecol. Eng. — 1992. — 1. — P. 49—82.
11. Wolverton B., Duffer W. Microorganisms and higher plants for wastewater treatment / B. Wolverton, W. Duffer // J. Environ. Qual. — 1998. — 12. — P. 236—242.

References

1. Volkova O.M. Parametry rozpodilu radionuklidiv u vodoymakh riznoho trofichnoho statusu / O.M. Volkova, V. V. Beliaiev, O. O. Parkhomenko, S. P. Pryshliak // Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytoriy. — 2014. — No 11. — S. 127-132. (in Ukrainian).
2. Vplyv radionuklidnoho zabrudnennia na hidrobiontiv zony vidchuzhennia. Radionuklidy u vodnykh ekosystemakh Ukrainy / M.I.Kuz'menko, V.D.Romanenko, V.V.Derevets' i in. - K.: Chornobyl'-interinform, 2001. — 318 s. (in Ukrainian).
3. Romanenko V.D. Hidroekolohichna bezpeka atomnoi enerhetyky Ukrainy / V.D. Romanenko, M.I. Kuz'menko, S.O. Afanas'iev, D.I. Hudkov, P.M. Lynnyk, O.O. Protasov, V.M. Tymchenko, V.I. Yuryshynets', V.M. Yakushyn // ISSN 0372-6436. Visn. NAN Ukrainy. — 2012. — No 6. — S. 41-51. (in Ukrainian).
4. Kutlakhmedov Yu.A., Petrusenko V.P. Analiz efektyvnosti kontrzakhodiv dlia zakhystu ekosystem na skhylovykh landshaftakh metodom kamernykh modeley. Visnyk Natsional'noho aviatsiynoho universytetu. — 2006. — No 4. — S. 163–165. (in Ukrainian).
5. Madzhd S.M. Dosvid ekspluatatsii hidrofitnykh sporud v Ukraini ta sviti // Naukoiemni tekhnolohii. — 2016. — No2. — S. 228–231. (in Ukrainian).
6. Mirzoieva N.Yu. Potoky mihratsii i deponuvannia pisliaavariynykh radionuklidiv ^{90}Sr і ^{137}Cs u riznykh rayonakh Chornoho moria (elementy bioheokhimichnykh tsykliv) / N. Yu. Mirzoieva, S. B. Hulin, S.I. Arkhipova, N. F. Korkishko, L. V. Mihal', I. M. Mosieychenko, I. H. Sydorov // Naukovi pratsi [Chornomors'koho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly]. Ser.: Tekhnohenna bezpeka. — 2013. — T. 210, Vyp. 198. — S. 45-51.
7. Mikhieiev O.M. Adaptatsiia hidrofitnoi systemy dlia ochystky stichnykh vod pidpriemstv tsyvil'noi aviatsii / O.M. Mikhieiev, S.M. Madzhd, O.I. Semenova, T.I. Dmytrukha // Khimiia i tekhnolohiia vody. — 2015. — No3 — S.574—581. (in Ukrainian).
8. Krot Yu.H. Vysshye rasteniya v byotekhnolohyy ochystky poverkhnostnykh y stochnykh vod // Hydrobiol. zhurn. — 2006. — 42, No1. — S. 47—61. (in Russian).
9. Oksyiuk O. P. Byoplato y eho prymerenye na kanalakh / O.P. Oksyiuk, H.N. Oleynyk // Hydrotekhnika y melioratsiya. — 1990. — No8. — S. 66–70. (in Russian).
10. Yammer D.A. Designing constructed wetlands system to treat agricultural nonpointsource pollution // Ecol. Eng. — 1992. — 1. — P. 49–82.
11. Wolverton B., Duffer W. Microorganisms and higher plants for wastewater treatment / B. Wolverton, W. Duffer // J. Environ. Qual. — 1998. — 12. — P. 236–242.

O.M. Mikheyev, O.V. Lapan, S.M. Madzhd

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukraine
National Aviation University, Ukraine

BIOLOGICAL PURIFICATION OF WATER OBJECTS FROM ^{137}Cs

A mobile bio plateau design has been developed for water's bodies purification from radionuclides. To construct bio plateau chemically inert floating material was used as the substrate granular foam on top of which the seeds of higher terrestrial plants were placed. Constructed bio plateau on the 9th day

of incubation were placed into tanks with a solution of ^{137}Cs to study the cleaning efficiency of terrestrial plants to the aquatic environment. Once a day, the solution of ^{137}Cs was poured into Marinelli's vessel to determine the specific activity of the radionuclide using a gamma spectrometer. A comparative study of the cleaning efficiency of terrestrial plants of the aquatic environment on the example of ^{137}Cs ions has been carried out. The results of mathematical modeling of the dynamics of accumulation of radioactive cesium in the "experimental reservoir – bio plateau" system was presented.

Key words: phyto-deactivation, bio plateau, terrestrial plants, ^{137}Cs

Надійшла 07.12.2018.

УДК 581.524.13

doi:10.25128/2078-2357.19.1.9

Г.Г. МОСКАЛИК, У.В. ЛЕГЕТА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. М. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012
e-mail: g.moskalyk@chnu.edu.ua

АЛЕЛОПАТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН-ТРАНСФОРМЕРІВ

Здійснено аналіз алелопатичних властивостей трав'яних інвазійних видів-трансформерів, які зростають у м. Чернівці. Використано метод біопроб із застосуванням *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. Доведено, що досліджені інвазійні види володіють алелопатичною активністю. Показано, що посівні якості насіння біотеста найбільш інтолерантні до впливу алелохімікатів видів-трансформерів. На основі аналізу впливу витяжок досліджених інвазійних видів на біометричні показники біотесту встановлено, що довжина кореня *R. sativus* var. *radicula* Pers. – чутливий показник і змінювався у досить широких межах; натомість довжина пагона проростка біотесту варіювала у вузькому діапазоні значень. З'ясовано, що *Ambrosia artemisifolia* L. володіє максимальною алелопатичною активністю серед досліджених видів.

Ключові слова: *Ambrosia artemisifolia* L., *Impatiens parviflora* DC., *Solidago canadensis* L., *Rudbeckia laciniata* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., інвазійні види, алелопатія

Експансія інвазійних видів належить до найгостріших екологічних проблем сучасності. Наслідком появи інвазійних видів рослин у природних і напівприродних біотопах є зменшення проективного покриття аборигенних видів рослин, порушення трофічних зв'язків, зниження видового різноманіття, зникнення популяцій окремих видів. На думку вчених, успішність певного інвазійного процесу зумовлена біохімічною взаємодією між видами в угрупованнях. Зокрема, гіпотеза «нової зброї» (Novel Weapon Hypothesis) ґрунтується на алелопатичних взаємодіях рослин [14]. Тому алелопатія як процес має величезне екологічне значення для фітоценозів у контексті регулятора росту рослин, їх продуктивності, видового складу природних та культурних ценозів. Зазначене вище свідчить про актуальність теми дослідження.

З огляду на це, метою дослідження було з'ясувати алелопатичну активність окремих трав'яних інвазійних видів-трансформерів, які зростають у м. Чернівці.

Для досягнення мети перед нами стояли наступні завдання:

- оцінити окремі посівні якості насіння біотесту (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers.) за дії водних витяжок інвазійних видів;
- визначити біометричні показники тест-об'єкту за дії водних витяжок досліджених видів.

of incubation were placed into tanks with a solution of ^{137}Cs to study the cleaning efficiency of terrestrial plants to the aquatic environment. Once a day, the solution of ^{137}Cs was poured into Marinelli's vessel to determine the specific activity of the radionuclide using a gamma spectrometer. A comparative study of the cleaning efficiency of terrestrial plants of the aquatic environment on the example of ^{137}Cs ions has been carried out. The results of mathematical modeling of the dynamics of accumulation of radioactive cesium in the "experimental reservoir – bio plateau" system was presented.

Key words: phyto-deactivation, bio plateau, terrestrial plants, ^{137}Cs

Надійшла 07.12.2018.

УДК 581.524.13

doi:10.25128/2078-2357.19.1.9

Г.Г. МОСКАЛИК, У.В. ЛЕГЕТА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. М. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012
e-mail: g.moskalyk@chnu.edu.ua

АЛЕЛОПАТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЯКИХ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН-ТРАНСФОРМЕРІВ

Здійснено аналіз алелопатичних властивостей трав'яних інвазійних видів-трансформерів, які зростають у м. Чернівці. Використано метод біопроб із застосуванням *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. Доведено, що досліджені інвазійні види володіють алелопатичною активністю. Показано, що посівні якості насіння біотеста найбільш інтолерантні до впливу алелохімікатів видів-трансформерів. На основі аналізу впливу витяжок досліджених інвазійних видів на біометричні показники біотесту встановлено, що довжина кореня *R. sativus* var. *radicula* Pers. – чутливий показник і змінювався у досить широких межах; натомість довжина пагона проростка біотесту варіювала у вузькому діапазоні значень. З'ясовано, що *Ambrosia artemisifolia* L. володіє максимальною алелопатичною активністю серед досліджених видів.

Ключові слова: *Ambrosia artemisifolia* L., *Impatiens parviflora* DC., *Solidago canadensis* L., *Rudbeckia laciniata* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., інвазійні види, алелопатія

Експансія інвазійних видів належить до найгостріших екологічних проблем сучасності. Наслідком появи інвазійних видів рослин у природних і напівприродних біотопах є зменшення проективного покриття аборигенних видів рослин, порушення трофічних зв'язків, зниження видового різноманіття, зникнення популяцій окремих видів. На думку вчених, успішність певного інвазійного процесу зумовлена біохімічною взаємодією між видами в угрупованнях. Зокрема, гіпотеза «нової зброї» (Novel Weapon Hypothesis) ґрунтується на алелопатичних взаємодіях рослин [14]. Тому алелопатія як процес має величезне екологічне значення для фітоценозів у контексті регулятора росту рослин, їх продуктивності, видового складу природних та культурних ценозів. Зазначене вище свідчить про актуальність теми дослідження.

З огляду на це, метою дослідження було з'ясувати алелопатичну активність окремих трав'яних інвазійних видів-трансформерів, які зростають у м. Чернівці.

Для досягнення мети перед нами стояли наступні завдання:

- оцінити окремі посівні якості насіння біотесту (*Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers.) за дії водних витяжок інвазійних видів;
- визначити біометричні показники тест-об'єкту за дії водних витяжок досліджених видів.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом дослідження (рис. 1) слугували свіжі листки та корені трав'яних інвазійних видів: *Ambrosia artemisifolia* L., *Impatiens parviflora* DC., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Solidago canadensis* L., *Rudbeckia laciniata* L. Відомо, що зазначені вище види зростають у м. Чернівці і їх відносять до видів-трансформерів [10, 11].



Рис. 1. Досліджені інвазійні види-трансформери, які зростають у м. Чернівці

Алелопатичні властивості інвазійних видів вивчали методом біопроб [4]. Для аналізу використовували водні витяжки із листків та коренів інвазійних видів. Співвідношення біомаси до дистильованої води – 1:10 і 1:100. Витяжки настоювали 24 год при кімнатній температурі, фільтрували через паперовий фільтр і використовували для поливу; зберігали у холодильнику. Контролем слугували проростки, вирощені на дистильованій воді.

Тест-об'єктом обрано *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. (редис посівний сорт червоний з білим кінчиком). Насіння пророщували у термостаті при температурі +25 °С протягом трьох діб. Надалі рослини вирощували у культивацийній при температурі +23 °С. Вивчали посівні якості насіння тест-об'єкту: енергію проростання (на 3-й день), схожість (на 7-й день); біометричні показники (на 7-й день): довжину кореня і пагона.

Повторність дослідів чотирикротна. Для математичної обробки результатів дослідження використовували пакети комп'ютерних прикладних програм Microsoft Office Excel 2003, Statistica 7.0. Статистичну значущість визначали на основі t-критерію Стьюдента ($p \leq 0,05$).

Результати досліджень та їх обговорення

Відомо, що у природних умовах проростання дрібного насіння залежить від впливу прижиттєвих виділень рослин у складі фітоценозу. Тому енергія проростання та схожість насіння біотесту використовуються у вивченні алелопатичних властивостей рослин [1, 2, 3, 5, 7, 9, 13].

Встановлено зниження енергії проростання насіння *R. sativus* var. *radicula* Pers. у 4–8 разів за дії витяжок (1:10) із листків досліджених інвазійних видів (рис. 2). Максимально пригнічуючий ефект спостерігався за дії витяжок з *A. artemisifolia* (у 5,5 разів) та *I. parviflora* (у 8 разів). Проте у випадку застосування витяжки меншої концентрації (1:100), енергія проростання насіння тест-об'єкта знизилася лише у 2 рази порівняно з контролем. Витяжки із листків *Ph. annuum*, *S. canadensis*, *R. laciniata* знижували показник незалежно від їх концентрацій у 4 рази.

Аналогічний ефект інгібування виявлено при використанні витяжки коренів досліджених видів (рис. 2). Встановлено, що більшість з них у концентрації 1:10 інгібують проростання насіння *R. sativus* var. *radicula* Pers. у середньому на 80%, а за меншої концентрації (1:100) – лише на 40 %. Максимальний пригнічуючий ефект спостерігався за дії витяжок (1:10) із кореня *A. artemisifolia*. Найменше зниження енергії проростання тест-об'єкту (у 2 рази) виявлено за дії витяжки (1:10) із кореня *I. parviflora*.

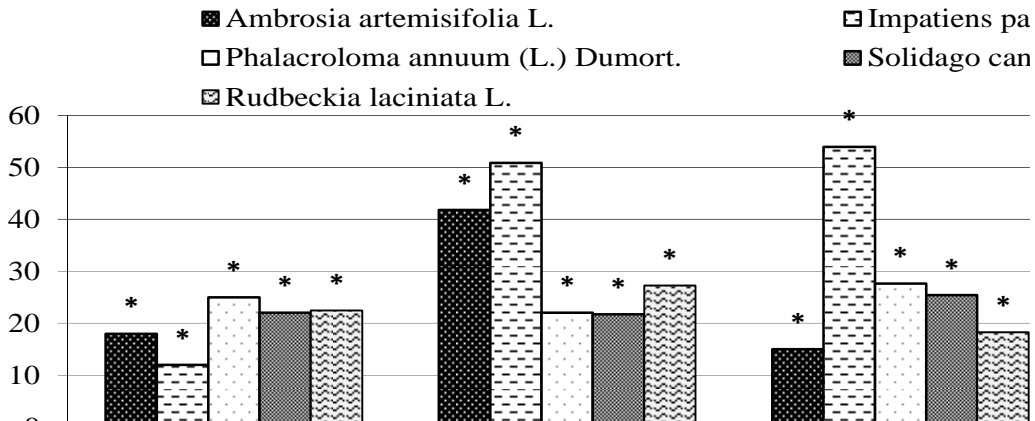


Рис. 2. Енергія проростання насіння *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. за дії витяжок досліджених видів (% від контролю) (*– тут і подалі, статистично значуща різниця при $p \leq 0,05$)

Відмічено зниження схожості насіння тест-об'єкта під впливом водних витяжок із листя інвазійних видів (рис. 3). Так, за дії концентрованої витяжки (1:10) схожість насіння була нижча у 5–6 разів порівняно із контролем. Особливо токсичною виявилася витяжка *A. artemisifolia* – показник менший за контроль майже у 7 разів. Поряд з цим, витяжка із листків *P. annuum* знижувала схожість тест-об'єкта лише у 3 рази. Під впливом витяжки меншої концентрації (1:100) схожість насіння знижувалась у 2–3 рази порівняно з контролем.

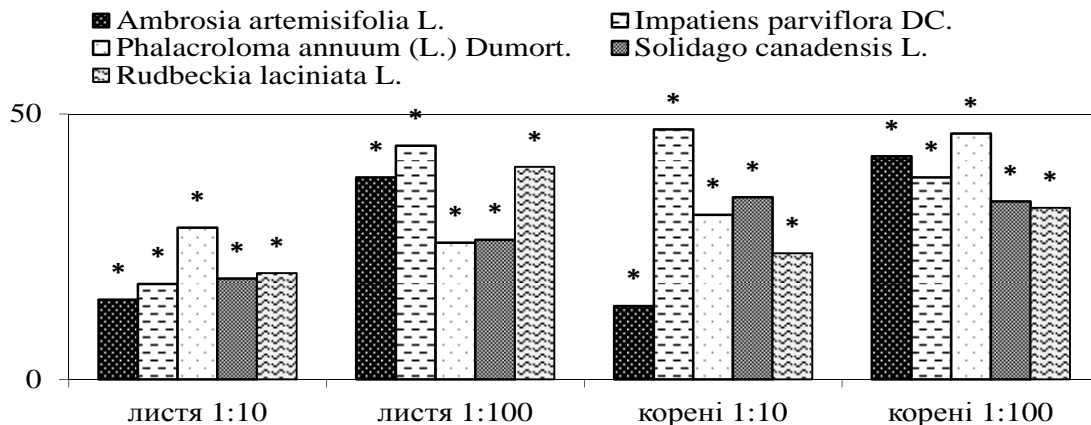


Рис. 3. Схожість насіння *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. за дії витяжок із листків та кореня досліджених видів (% від контролю)

Встановлено зниження схожості насіння і за дії витяжок із кореня інвазійних видів, при максимальній токсичності із *A. artemisifolia*.

Алелопатична активність агресивного карантинного бур'яну *A. artemisifolia* описана у науковій літературі [1, 2, 7], натомість щодо інших досліджених інвазійних видів інформація відсутня. Зокрема відомо, що різні органи рослин містять неоднакову кількість гальмуючих речовин. Особливо багато алелохімікатів міститься у листках, менше – у стеблах, найменше – коренях [5, 9, 13]. За даними В.М. Івченко [7], екстракт із коренів *A. artemisifolia* сильніше пригнічував проростання насіння культурних рослин, ніж із стебла. Так, автором доведено

максимальний негативний ефект (49% та 74%) на схожість вики ярої та гороху. Проте відмічено, що алелопатично активних речовин у листках *A. artemisifolia* накопичується більше, а в коренях менше порівняно з стеблами та суцвіттями рослини [2].

У роботі [1] встановлено різноспрямовану дію водорозчинних алелопатичних речовин *A. artemisifolia* на проростання насіння рослин. Зокрема, доведено інгібування проростання насіння *Helianthus annuus* L., *Medicago sativa* L., *Trifolium pretense* L., *Prunella vulgaris* L., *Plantago major* L. та стимулювання – *Hordeum vulgare* L. Автором [2] зроблено висновок, що *A. artemisifolia* характеризується високою алелопатичною активністю.

Алелопатію вивчають на прикладі агроценозів [6, 8, 13]. Зокрема, науковцями встановлено, що водні витяжки з рослинних решток ячменю, пшениці озимої, гороху, кукурудзи, соняшника і ріпаку ярого сприяли підвищенню енергії проростання насіння ріпаку ярого [6]. Дослідниками з'ясовано, що схожість насіння льону під дією водних витяжок з сої, кукурудзи і гороху збільшувалася, а з льону, буряка цукрового – знижувалася [8].

З приводу залежності алелопатичного ефекту від концентрації витяжки, нами відзначено різний характер, що узгоджується з літературними даними. Так, у роботі [12] схожість та енергія проростання насіння пирію знижувалася за дії водних екстрактів розторопші плямистої у концентраціях 1:1 і 1:100 на 15%, у люцерни посівної – на 30%, а у концентрації 1:10 – майже не впливала на показники.

Отже, енергія проростання та схожість насіння *R. sativus* var. *radicula* Pers. знижувалися у 2–8 разів під впливом водних витяжок із листків і коренів усіх досліджуваних інвазійних видів. Максимально токсичною виявились витяжки із листя та коренів *A. artemisifolia*.

Біометричні показники *R. sativus* var. *radicula* Pers. неоднозначно реагували на дію витяжок із органів інвазійних видів. Так, встановлено (рис. 4), що витяжки із листків (1:10) *A. artemisifolia* та *I. parviflora* інгібували ріст кореня тест-об'єкта. Натомість, витяжка із *S. canadensis* при аналогічній концентрації стимулювала ростові процеси. Поряд із цим виявлено стимулювальний ефект на ріст кореня витяжок з листків (1:100) *I. parviflora* та *S. canadensis*.

Довжина кореня *R. sativus* var. *radicula* Pers. (рис. 4) за дії витяжок із коренів *A. artemisifolia* та *Ph. annuum* у концентрації 1:10 зменшувалася, а із коренів *S. canadensis* – зростала. Проте, зменшення концентрації витяжок (1:100) усіх досліджуваних видів сприяло істотному зростанню довжини кореня біотесту порівняно з контролем.

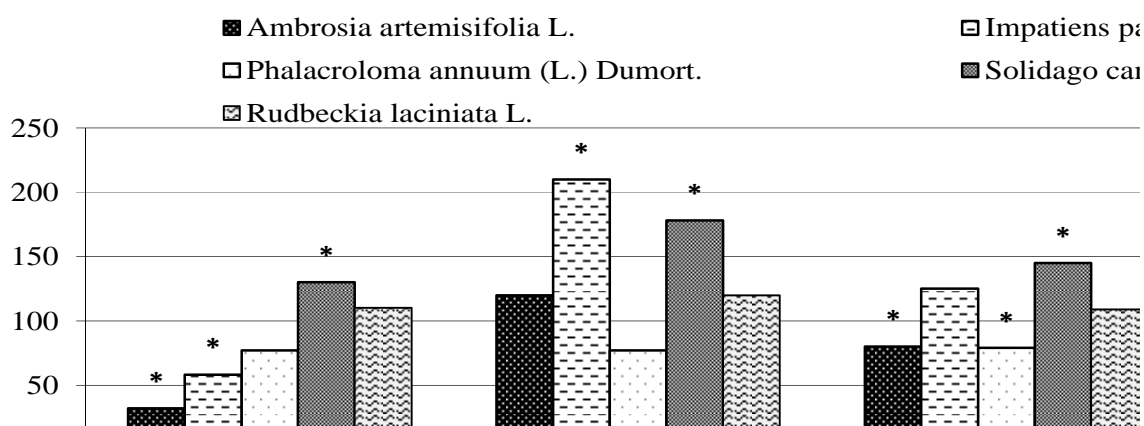


Рис. 4. Довжина кореня *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. за дії витяжок досліджуваних видів (% від контролю)

Встановлено різноспрямовану дію витяжок різної концентрації із листків *I. parviflora* на довжину пагона проростка *R. sativus* var. *radicula* Pers. (рис. 5). Так, концентрована витяжка (1:10) інгібувала ріст біотесту, а витяжка меншої концентрації (1:100) виявляла стимулюючий ефект.

Під дією витяжок із листків *S. canadensis* довжина пагона проростків *R. sativus* var. *radicula* Pers. виявилася більшою порівняно з контролем, причому значення показника не залежало від концентрації. Усі інші водні витяжки з листків інвазійних видів не впливали на довжину пагона проростка тест-об'єкта.

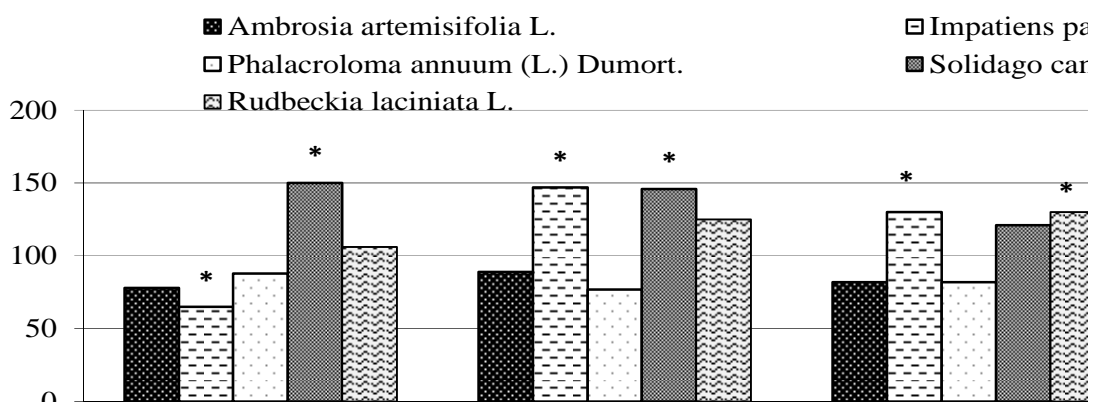


Рис. 5. Довжина пагона проростка *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers. за дії витяжок досліджених видів (% від контролю)

З'ясовано, що під впливом концентрованих витяжок (1:10) із кореня видів *I. parviflora* та *R. laciniata* довжина пагона проростка тест-об'єкта істотно перевищувала контрольне значення. Витяжка з коренів *Ph. annuum* і *S. canadensis* при розведенні до 1:100 проявляла стимулюючу дію на довжину пагона проростка *R. sativus* var. *radicula* Pers. У всіх інших випадках значення показника було на рівні контролю.

Наші дані узгоджуються з літературними відомостями, де описано як інгібує, так і стимулює ефект впливу алелохімікатів на біометричні показники біотестів. Зокрема, доведено стимулюючу (фітопротекторну) дію витяжки з біомаси гірчиці білої, редьки олійної, вики ярої та гречки на довжину проростка пшениці озимої [3]. Проте показано інгібує вплив водних витяжок з ячменю, пшениці озимої, гороху, кукурудзи, соняшника і ріпаку ярого на ростові процеси ріпаку ярого [6]; з льону, буряка цукрового – на ріст проростків льону [8]; з буркуну білого – на ріст озимої пшениці [3].

Отже, встановлено неоднозначну реакцію біометричних показників біотеста на дію витяжок із органів інвазійних видів. Так, довжина кореня *R. sativus* var. *radicula* Pers. виявилась чутливим показником і змінювалась у широких межах, натомість довжина пагона проростка біотесту варіювала у вузькому діапазоні значень. Встановлено стимулювання росту як кореня, так і пагона проростка біотесту за дії витяжки із *S. canadensis*, не залежно від концентрації та з якого органу рослини виготовлена витяжка. Високі концентрації витяжки (1:10) як з листків, так і з кореня *A. artemisifolia* виявилися високотоксичними для росту кореня біотеста.

Висновки

Встановлено, що усі досліджені інвазійні види володіють алелопатичною активністю. Посівні якості насіння *R. sativus* var. *radicula* Pers. виявилися найбільш інтолерантними до біохімічного впливу алелохімікатів видів-трансформерів. Біометричні параметри тест-об'єкта реагували на витяжки по-різному, що залежало від концентрації, вегетативного органу та виду рослин. Зокрема, довжина кореня тест-об'єкта у 45% випадках зростала, у 35% – не змінювалась і лише у 20% – пригнічувалася. Натомість довжина пагона проростка у 60% випадків була незмінною, у 35% – зростала і лише у 5% випадків – зменшувалася відносно контрольних значень. З'ясовано, що *A. artemisifolia* L. володіє максимальною алелопатичною активністю серед досліджених видів.

1. Буждиган О.Я. Вплив *Ambrosia artemisifolia* L. на розвиток рослин аграрних та лучних фітоценозів / О.Я. Буждиган, О.В. Баглей, С.С. Руденко, Н.М. Марків // Наук. зап. Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. — 2016. — № 1. — С. 61—67.

2. Глубшева Т.Н. Аллелопатия амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisifolia* L.) / Т.Н. Глубшева, Е.Н. Карпушина // Научные ведомости. — №11 (66). — 2009. — С. 5—9.
3. Господаренко Г.М. Аллелопатичний вплив сидеральних культур на пшеницю озиму / Г.М. Господаренко, О. Л. Лисянський // Вісн. ЖНАЕУ. Рослинництво, селекція та кормовиробництво. — 2015. — Вип. 2 (50), Т. 1. — С. 190—198.
4. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ / А.М. Гродзинский — Киев : Наук. думка, 1965. — 200 с.
5. Гродзинський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин / А.М. Гродзинський. — Київ : Наукова думка, 1973. — 205 с.
6. Єщенко В.О. Аллелопатична дія водних витяжок з рослинних решток попередників на проростання і початковий розвиток рослин ярого ріпаку / В.О. Єщенко, А.В.Новак // Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. — 2003. — Спец. вип. Біологічні науки і проблеми рослинництва. — С. 58—591.
7. Івченко В. М. Вплив екстрактів з амброзії полинолістої на лабораторну схожість насіння різних культур / В. М. Івченко // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. — 2013. — № 2. — С. 28—32.
8. Коваль С.П. Аллелопатична дія водних витяжок з надземних рослинних решток різних попередників на схожість, початковий ріст і висоту рослин льону олійного / С.П.Коваль, В.О.Єщенко // Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. Ч. 1. Агронімія. — 2011. — Вип. 69. — С. 101—106.
9. Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды / Н.М. Матвеев. — Самара : Самарское кн. изд-во, 1994. — 206 с.
10. Протопопова В.В. Види трансформери у флорі Буковинського Передкарпаття / В.В. Протопопова, М.В. Шевера, І.І. Чорней, А.І. Токарюк, В.В. Буджак, К.В. Коржан // Український ботанічний журнал. — 2010. — Т. 67, № 6. — С. 852-864. — Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/UBJ_2010_67_6_8
11. Токарюк А.І. Інвазійні види у флорі Буковинського Передкарпаття / А.І. Токарюк, І.І. Чорней, В.В. Буджак, В.В. Протопопова, М.В. Шевера, О.Д. Волуца, К.В. Коржан : монографія / наук. ред. І.І. Чорней. — Чернівці : Друк Арт, 2016. — 192 с.
12. Шевчук О. М. Аллелопатична активність та ґрунтова післядія *Silybum marianum* (L.) Gaertn / О.М. Шевчук, І. В. Агурова // Промышленная ботаника. — 2011. — Вып. 11. — С. 70—75.
13. Юрчак Л.Д. Аллелопатія в агробіогеоценозах ароматичних рослин / Л.Д. Юрчак. — К., 2005. — 250 с.
14. Callaway R.M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability / R.V. Callaway, W.M. Ridenour // Front. Ecol. Environ. — 2004. — 2. — P. 419—426.
15. Kazinczi G. Common ragweed (*Ambrosia artemisifolia* L.): a review with special regards to the results in Hungary: II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, allelopathy and beneficial characteristics/ G. Kazinczi, I. Beres, Z. Pathy, R. Novak // Herbologia. — 2008. — No.1, Vol. 9. — P. 93—119.

References

1. Buzhdyhan O.Ya. Vplyv *Ambrosia artemisifolia* L. na rozvytok roslyn ahrarykh ta luchnykh fitosenoziv / O. Ya. Buzhdyhan, O.V. Bahley, S.S. Rudenko, N.M. Markiv // Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya : Biolohiia. — 2016. — No 1. — S. 61—67. (in Ukrainian).
2. Glubsheva T.N. Allelopatiiia ambrozii polynnolistnoy (*Ambrosia artemisifolia* L.) / T.N. Glubsheva, E.N. Karpushina // Nauchnye vedomosti. — No11 (66). — 2009. — S. 5—9. (in Russian).
3. Hospodarenko H.M. Alelopatychnyy vplyv syderal'nykh kul'tur na pshenytsiu ozymu / H.M. Hospodarenko, O. L. Lysians'kyu // Visn. ZhNAEU. Roslynnystvo, selektsiia ta kormovyrobnytstvo. — 2015. — Vyp. 2 (50), T. 1. — S. 190—198. (in Russian).
4. Grodzinskiy A.M. Allelopatiiia v zhizni rastenyi i ikh soobshchestv / A.M. Grodzinskiy — Kiev : Nauk. dumka, 1965. — 200 s. (in Russian).
5. Hrodzys'kyu A.M. Osnovy khimichnoi vzaiemodii roslyn /A.M. Hrodzys'kyu. — Kyiv : Naukova dumka, 1973. — 205 s. (in Ukrainian).
6. Ieshchenko V.O. Alelopatychna diia vodnykh vytyazhok z roslynykh reshtok poperednykiv na prorostannia i pochatkovyy rozvytok roslyn iaroho ripaku / V.O. Ieshchenko, A.V.Novak // Zb. nauk. pr. Umans'koho DAU. — 2003. — Spets. vyp. Bioloichni nauky i problemy roslynnystva. — S. 58—591. (in Ukrainian).
7. Ivchenko V. M. Vplyv ekstraktiv z ambrozii polynolistoi na laboratornu skhozhist' nasinnia riznykh kul'tur / V. M. Ivchenko // Naukovi dopovidi Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. — 2013. — No 2. — S. 28—32. (in Ukrainian).

8. Koval' S.P. Alelopatychna diia vodnykh vytyazhok z nadzemnykh roslynnykh reshtok riznykh poperednykiv na skhozhist', pochatkovyy rist i vysotu roslyn l'onu oliynoho / S.P.Koval', V.O.Ieshchenko // Zb. nauk. pr. Umans'koho DAU. Ch. 1. Ahronomiia. — 2011. — Vyp. 69. — S. 101—106. (in Ukrainian).
9. Matveev N.M. Allelopatiiia kak faktor ekologicheskoy sredy / N.M. Matveev. — Samara : Samarskoe kn. izd-vo, 1994. — 206 s. (in Russian).
10. Protopopova V.V. Vydy transformery u flori Bukovyns'koho Peredkarpattia / V.V. Protopopova, M.V. Shevera, I.I. Chorney, A.I. Tokariuk, V.V. Budzhak, K.V. Korzhan // Ukrains'kyi botanichnyy zhurnal. — 2010. — T. 67, No 6. — S. 852-864. — Rezhym dostupu : http://nbuv.gov.ua/UJRN/UBJ_2010_67_6_8 (in Ukrainian).
11. Tokariuk A.I. Invaziyini vydy u flori Bukovyns'koho Peredkarpattia / A.I. Tokariuk, I.I. Chorney, V.V. Budzhak, V.V. Protopopova, M.V. Shevera, O.D. Volutsa, K.V. Korzhan : monohrafiia / nauk. red. I.I. Chorney. — Chernivtsi : Druk Art, 2016. — 192 s. (in Ukrainian).
12. Shevchuk O. M. Alelopatychna aktyvnist' ta gruntova pisliadiia *Silybum marianum* (L.) Gaertn / O.M. Shevchuk, I. V. Ahurova // Promyshlennaia botanyka. — 2011. — Vyp. 11. — S. 70—75. (in Ukrainian).
13. Yurchak L.D. Alelopatiiia v ahrobioheotsenozakh aromatychnykh roslyn / L.D. Yurchak. — K., 2005. — 250 s. (in Ukrainian).
14. Callaway R.M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability / R.V. Callaway, W.M. Ridenour // Front. Ecol. Environ. — 2004. — 2. — P. 419—426.
15. Kazinczi G. Common ragweed (*Ambrosia artemisifolia* L.): a review with special regards to the results in Hungary: II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, alelopathy and beneficial characteristics/ G. Kazinczi, I. Beres, Z. Pathy, R. Novak // Herbologia. — 2008. — No.1, Vol. 9. — P. 93—119.

H.H. Moskalyk, U.V. Leheta

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

ALLELOPATHIC EFFECTS OF SOME INVASIVE SPECIES OF PLANTS-TRANSFORMERS

The paper deals with the analyses of allelopathic effects of herbaceous invasive species-transformers that grow in Chernivtsi: *Ambrosia artemisifolia* L., *Impatiens parviflora* DC., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Solidago canadensis* L., *Rudbeckia laciniata* L. We applied the bioassay method using *Raphanus sativus* L. var. *radicula* Pers.

Water extracts from leaves and roots of invasive species have been used for the analysis. The ratios of biomass to distilled water were 1:10 and 1:100. The extracts were infused for 24 hours at room temperature, filtered through a paper filter, and they were used for watering seeds / soots in Petri dishes. We used distilled water for the plants of control groups.

Biotester seeds were sprouted in a thermostat at a temperature of +25 ° C for three days. Later plants were grown in a cultivating room at +23 ° C. The following qualities of biotester seeds have been studied: germination energy percentage (on day 3), germination percentage (on day 7); biometric indices (on day 7): root length and shoot length.

Allelopathic effects of investigated invasive species have been proved. Planting qualities of the biotesters seed appeared to be the most intolerant to the effects of allelochemicals of species-transformers. Water extracts from the leaves and roots of all invasive species reduced germination energy percentage and germination percentage of *R. sativus* var. *radicula* Pers. seeds by 2-8 times.

The biometric parameters of the test object reacted to the investigated invasive species water extracts in different ways, which depended on the concentration, vegetative organ and plant species. In particular, the test-object root length in 45% of cases increased, it did not change in 35% and in 20% it reduced. At the same time, the length of the shoots did not change in 60% of cases, it increased in 35% and decreased only in 5% of cases in comparison with the control group. The length of the biotester root was a sensitive indicator and varied widely, whereas the length of the shoots of the test object varied in a narrow range. It has been determined that *Ambrosia artemisifolia* L. has the highest allelopathic activity among the studied species.

Key words: *Ambrosia artemisifolia* L., *Impatiens parviflora* DC., *Solidago canadensis* L., *Rudbeckia laciniata* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *invasive species*, *allelopathy*

Надійшла 28.01.2019.

І.О. СИТНІКОВА, Т.В. ФИЛИПЧУК

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012
e-mail: stepan.polivaniy@ukr.net

ПАЛІНОІНДИКАЦІЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ЧЕРНІВЦІ

Проведена моніторингова оцінка рівня техногенної трансформації середовища за життєздатністю пилку *Malus domestica* Borkh. і *Prunus cerasus* L. Показано, що у відповідь на підвищення рівня техногенного навантаження у біоіндикаторів зростала частка стерильного пилку. Виявлена більша чутливість *M. domestica*, ніж *P. cerasus* за рахунок збільшення частки пилку з середнім вмістом крохмалю у відповідь на атмосферне забруднення. Зазначена особливість розширює можливості її застосування в якості біоіндикатора та може свідчити про певний рівень техногенної трансформації довкілля.

За інтегральним умовним показником ушкодженості біоіндикаторів встановлено «задовільний» екологічний стан на вулицях Небесної Сотні, 18- А; Ф. Полетаєва, 3; П. Орлика, 1; Салтикова-Щедрина, 29; Руська, 178 та Небесної Сотні, 10-В, тоді як в усіх інших моніторингових точках екологічна ситуація – «еталонна». Основна причина підвищення стерильності пилку біоіндикаторів на вказаних вулицях – близьке розташування з усіх боків автодорог з активним рухом автотранспорту та затори на них.

Ключові слова: моніторинг, урбоєкосистема, паліноіндикація, життєздатність пилку, пилок із високим і середнім вмістом крохмалю, стерильний пилок, *Malus domestica* Borkh., *Prunus cerasus* L.

У зв'язку зі стрімким процесом урбанізації в останні роки особливо гостро постає питання оцінки стану атмосфери міського середовища. Територія міст характеризується наявністю великої кількості джерел забруднення, їх нерівномірним розташуванням, а також досить складним поширенням забруднюючих речовин. Тому особливої актуальності набувають роботи, спрямовані на інтегральну оцінку чистоти повітря урбанізованих систем за допомогою системи інформативних біоіндикаторів і біомаркерів [1].

Паліноіндикація належить до сучасних методів фітоіндикації екосистем за участю деревних чи трав'яних форм рослинності на основі аналізу якісних показників пилкових зерен. Як складова інтегрального контролю, паліноіндикація доцільна при оцінці стану атмосферного повітря промислового, урбанізованого, рекреаційного чи природного середовища.

Мета роботи – провести моніторингову оцінку рівня техногенної трансформації середовища за особливостями формування чоловічого гаметофіту *Malus domestica* Borkh. і *Prunus cerasus* L. в умовах м. Чернівці.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили впродовж 2015–2017 рр. Моніторингові майданчики розміщувалися на територіях закладів дошкільної і загальної середньої освіти м. Чернівці, де відбирали квіти *M. domestica* та *P. cerasus* і оцінювали життєздатність пилку. У якості контролю використовували пилок рослин, які зростали на фоновій території (ландшафтний заказник Цецино).

Пилок рослин-індикаторів відбирали в суху погоду в період масового цвітіння з однорічних пагонів середнього ярусу крони. З кожної моніторингової точки відбирали не менш як 30 шт. добре розвинених, готових до розкриття бутонів квітів обох деревних порід. Зібрані квіти фіксували в 40⁰ розчині спирту у скляній тарі. Аналізували від 500 до 1000 пилкових зерен.

Для визначення стерильності чи фертильності пилкових зерен використовували йодний метод [6], в основі якого лежить визначення крохмалю за допомогою йодної реакції. При визначенні життєздатності пилкових зерен у дерев-індикаторів *M. domestica* та *P. cerasus* нами

виявлено 3 типи забарвлення: темно-фіолетового кольору (вважали як пилки із високим вмістом крохмалю); бурувато-коричневого кольору (вважали як пилки із середнім вмістом пилку) та безбарвні (стерильний пилки).

Стерильність пилкових зерен визначали за формулою [2]:

$$M = \frac{G}{N} \cdot 100, \%,$$

де G – кількість стерильних пилкових зерен; N – загальна кількість обстежених пилкових зерен.

Для оцінки стану атмосферного повітря за рівнем стерильності пилку рослин використовували умовний показник ушкодженості (УПУ), запропонований А.І. Горовою [2]:

$$УПУ_i = \frac{P_{реал} - P_{комф}}{P_{крит} - P_{комф}},$$

де $P_{комф.}$ і $P_{крит.}$ – значення стерильності пилку рослин у комфортних і критичних умовах відповідно; $P_{реал.}$ – значення стерильності пилку рослин на досліджуваній території ($M, \%$); i – певна моніторингова точка.

Далі розраховували інтегральний умовний показник ушкодженості (ІУПУ), що характеризував рівень забруднення атмосферного повітря на досліджуваній ділянці за формулою:

$$ІУПУ = \frac{\sum_{i=1}^n УПУ_i}{n},$$

де $УПУ_i$ – умовні показники ушкодженості рослин-індикаторів на досліджуваній ділянці, n – кількість проаналізованих рослин-індикаторів на досліджуваній ділянці.

На основі розрахованих УПУ та ІУПУ оцінювали екологічну ситуацію досліджуваної території за уніфікованою шкалою (таблиця).

Результати досліджень та їх обговорення

Результати вивчення життєздатності пилкових зерен *M. domestica* засвідчують негативний вплив на рослини міського середовища. Зростання дерев в урбогенних умовах сприяло формуванню пилку із зниженою фертильністю (рис. 1). Так, частка пилкових зерен із високим вмістом крохмалю зменшується, натомість зростає частка із середнім його вмістом.

Таблиця

Шкала оцінки екологічної ситуації та рівнів ушкодженості біоіндикаторів [2]

Діапазон чисельних значень УПУ	Рівень ушкодженості біоіндикаторів	Стан біоіндикаторів	Екологічна ситуація
0,000 ÷ 0,150	Низький	Сприятливий	Еталонна
0,151 ÷ 0,300	Нижче середнього	Насторожуючий	Задовільна
0,301 ÷ 0,450	Середній	Конфліктний	Незадовільна
0,451 ÷ 0,600	Вище середнього	Загрозливий	Незадовільна
0,601 ÷ 0,750	Високий	Критичний	Катастрофічна
0,751 і вище	Максимальний	Небезпечний	Катастрофічна

Частка стерильного пилку *M. domestica* коливається в різні роки в таких межах: 0,59 – 11,84 % (2015 р., рис. 1, А), 0,94 – 12,50 % (2016 р., рис. 1, Б) та 0,92 – 11,11 % (2017 р., рис. 1, В), при цьому для більшості моніторингових точок цей показник вищий за контрольні значення.

Серед моніторингових територій привертають увагу такі вулиці: Руська, 178, Салтикова-Щедрина, 29, П. Орлика, 1 та Небесної Сотні, 18-А (рис. 1), де спостерігається найбільша втрата життєздатності пилку. Пилки дерев на вул. Руська, 178 мав у 8,4; 7,6 та 6,4 рази більшу стерильність, ніж рослини на фоновій території у відповідні роки. На вул. Салтикова-Щедрина, 29 частка стерильного пилку *M. domestica* перевищувала значення фонові території в 10,7; 8,2

і 6,4 рази відповідно. На вул. П. Орлика відсоток стерильного пилку перевищував контрольний показник у 7,7; 8,3 та 7,1 рази, а по вул. Небесної Сотні, 18-А – у 7,3; 7,7 і 7,4 рази у досліджувані роки відповідно. Таке збільшення стерильного пилку на даних моніторингових територіях відбувається на тлі значного зниження частки фертильного пилку з високим вмістом крохмалю відносно інших досліджуваних точок у всі роки спостереження.

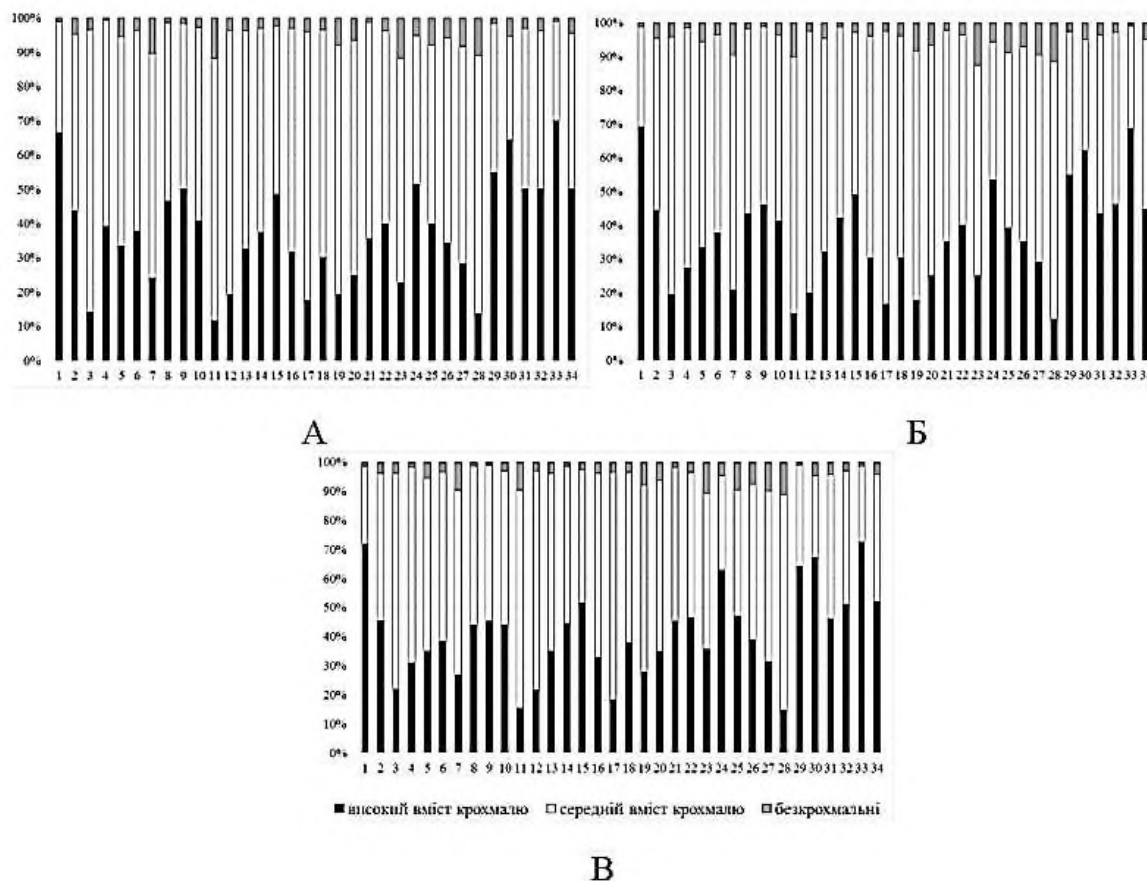


Рис. 1. Відсотковий розподіл пилкових зерен з різним вмістом крохмалю *Malus domestica* Borkh.: А – 2015 р.; Б – 2016 р.; В – 2017 р.

Примітка – тут і подалі:

- | | | |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1 – Контроль (Цецино); | 13 – вул. Руська, 228; | 24 – вул. Ф. Полетаєва, 19; |
| 2 – вул. А. Шептицького, 11; | 14 – вул. Й. Главки, 8; | 25 – вул. Ф. Полетаєва, 3; |
| 3 – вул. Т. Шевченка, 31; | 15 – вул. Л. Українки, 29; | 26 – вул. Небесної Сотні, 9; |
| 4 – вул. Т. Шевченка, 18; | 16 – вул. М. Щепкіна, 2; | 27 – вул. Небесної Сотні, 10-В; |
| 5 – вул. Шкільна, 3; | 17 – вул. Л. Українки, 1; | 28 – вул. Небесної Сотні, 18-А; |
| 6 – вул. А. Шептицького, 19; | 18 – пр. Незалежності, 88; | 29 – вул. Парковий проїзд, 6; |
| 7 – вул. Руська, 178; | 19 – пр. Незалежності, 88-Д; | 30 – вул. Комарова, 28-В; |
| 8 – вул. У. Кармелюка, 43; | 20 – пр. Незалежності, 68; | 31 – вул. Комарова, 25-Б; |
| 9 – вул. В. Винниченка, 119; | 21 – вул. Стефюка, 6; | 32 – вул. Комарова, 26-В; |
| 10 – вул. О. Герцена, 3; | 22 – вул. Стефюка, 5; | 33 – вул. Південно-Кільцева, 7; |
| 11 – вул. Салтикова-Щедрина, 29; | 23 – вул. П. Орлика, 1; | 34 – вул. Південно-Кільцева, 17. |
| 12 – вул. О. Кобилянської, 21; | | |

Водночас, насторожує підвищення частки стерильного пилку *M. domestica* при незначному зниженні пилку з високим вмістом крохмалю та зростання частки з середнім вмістом на вулицях Ф. Полетаєва, 3, Небесної Сотні, 9 і Небесної Сотні, 10-В (рис. 1) з посиленням даної тенденції у 2017 році.

Найменша стерильність пилку *M. domestica* в 2015–2017 рр. на тлі переважання зерен з високим вмістом крохмалю виявлено на вулицях Парковий проїзд, 6 та Південно-Кільцева, 7 (рис. 1). Частка стерильного пилку дерев зазначених моніторингових територій знаходиться на рівні контролю. Також, найменший рівень втрати життєздатності пилку, але на тлі однакового співвідношення частки пилкових зерен з високим і середнім вмістом крохмалю виявлено для дерев, що зростали на вулицях У. Кармелюка, 43 та В. Винниченка, 119 (рис. 1). В останні два роки спостереження аналогічні тенденції виявлено на моніторинговій території по вул. Й. Главки, 8.

Достатньо критичною виглядає ситуація на моніторингових вулицях Т. Шевченка, 31 та Л. Українки, 1 (рис. 1). Частка пилку з високим вмістом крохмалю тут є найнижчою серед моніторингових точок протягом періоду спостережень. Зменшення життєздатності пилку *M. domestica* на даних територіях відбувається на тлі зростання частки пилкових зерен із середнім вмістом крохмалю та підвищення стерильного пилку. Вказані вулиці розташовані поблизу перехресть автотранспортних шляхів з інтенсивним рухом, чим, імовірно, і пояснюється ця ситуація.

Наші дані узгоджуються з результатами, отриманими авторами [3] про негативний вплив викидів автотранспорту на репродуктивну систему горіха волоського (*Juglans regia* L.), який проявлявся у підвищенні продукції стерильних пилкових зерен.

Аналіз життєздатності пилку *P. cerasus* (рис. 2) виявив інші закономірності. Упродовж періоду спостережень на всіх моніторингових точках пилок мав більшу життєздатність порівняно з пилком *M. domestica* за рахунок більшої частки зерен з високим вмістом крохмалю, але менше, ніж на фоновій території.

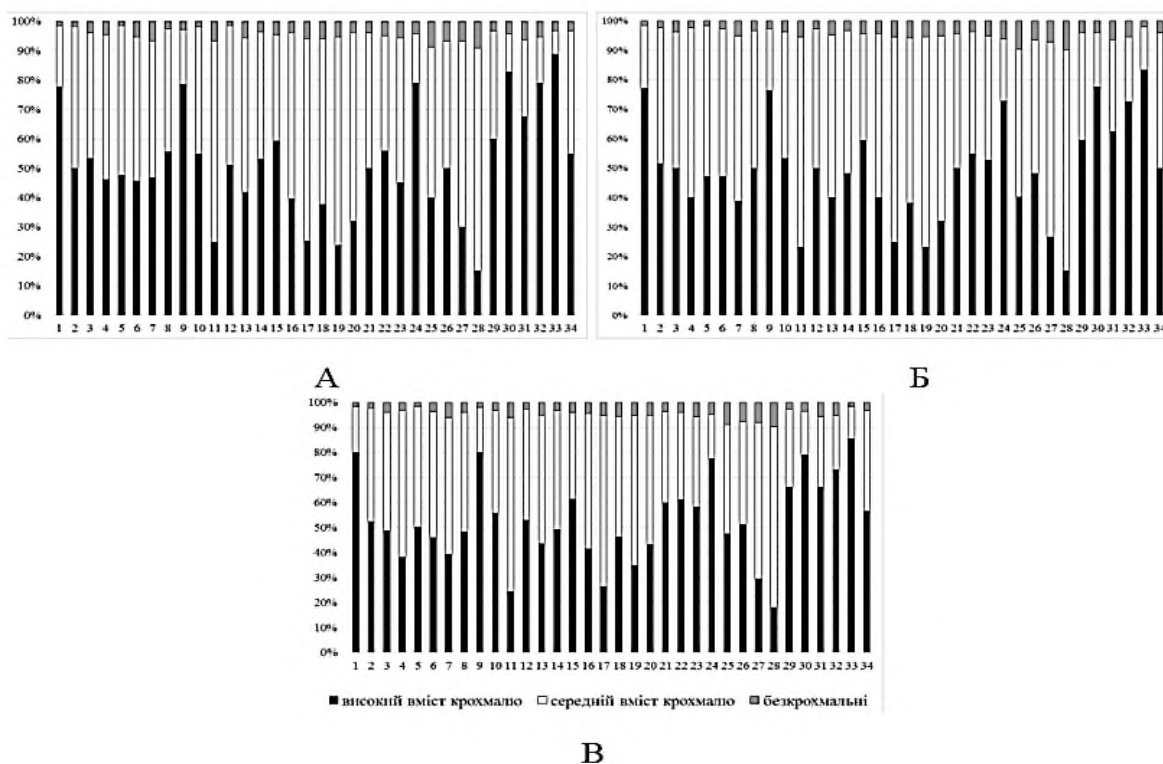


Рис. 2. Відсотковий розподіл пилкових зерен з різним вмістом крохмалю *Prunus cerasus* L.: А – 2015 р.; Б – 2016 р.; В – 2017 р.

Виявлено, що найбільш аеронебезпечною є ситуація на вул. Небесної Сотні, 18-А. Дерева *P. cerasus* тут мали найвищий, порівняно з фоною та іншими моніторинговими територіями, вміст стерильного пилку на тлі найменшої частки пилкових зерен з високим вмістом крохмалю впродовж усіх років дослідження. Також достатньо низький вміст пилку з високим вмістом крохмалю на тлі достатньо високої частки стерильного пилку спостерігали на вулицях Салтикова-Щедрина, 29; Л. Українки, 1 та Небесної Сотні 10-В. Особливо високий відсоток стерильного пилку *P. cerasus* на тлі незначного зниження фертильності помічено на вул. Ф. Полетаєва, 3.

Найкращою екологічною ситуацією серед усіх моніторингових точок за життєздатністю пилку *P. cerasus* характеризуються вулиці В. Винниченка, 119 та Південно-Кільцева, 7, де частка фертильних і стерильних пилкових зерен максимально наближена або перевищує показники дерев фонові території. На нашу думку, відсутність високоповерхових будівель і відкритий простір сприяють розсіюванню аерополітантів на вказаних моніторингових територіях.

Порівняльний аналіз життєздатності пилку *M. domestica* та *P. cerasus* виявив більшу чутливість першого виду до техногенної трансформації урботериторії. Так, частка стерильних пилкових зерен *M. domestica* в межах моніторингових точок протягом років спостережень змінювалася в широкому діапазоні від 0,59% до 12,5%. Межі коливання стерильності пилку *P. cerasus* були вужчими – від 1,36 до 10,0 % (рис. 3). При цьому рівень спонтанної стерильності на фоновій території у яблуні (1,23–1,56 %) нижчий, ніж у вишні (1,56–1,69 %).

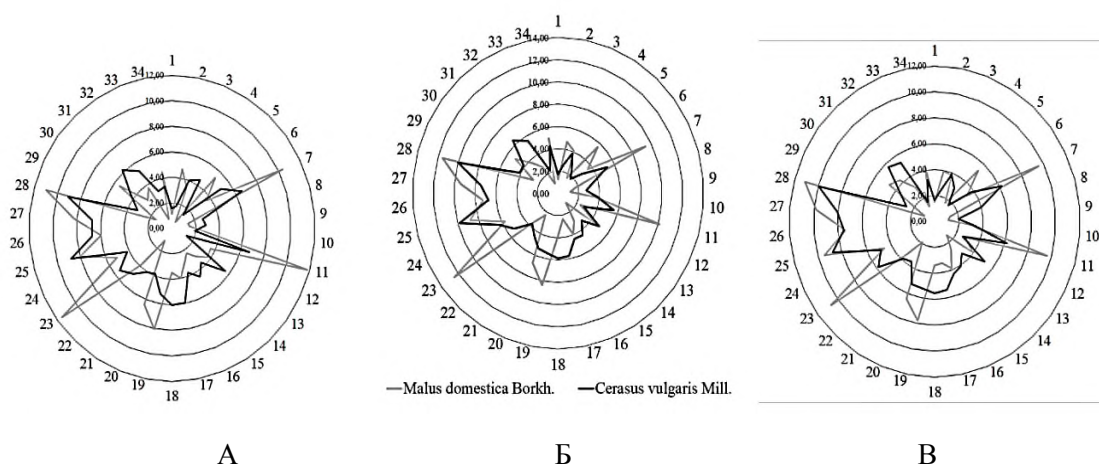


Рис. 3. Частка стерильних пилкових зерен *M. domestica* та *P. cerasus*, %: А – 2015 р.; Б – 2016 р.; В – 2017 р.

Помічено, що яблуня продукувала більше пилку з середнім вмістом крохмалю, тоді як вишня – з високим вмістом (рис. 4, 5). Така особливість *M. domestica* розширює можливості застосування її в якості біоіндикатора, а переважання частки пилкових зерен із високим чи середнім вмістом крохмалю може свідчити про певний рівень техногенної трансформації довкілля.

За рівнем стерильності пилку нами розраховано УПУ, за яким впродовж років спостережень рівень ушкодженості обох біоіндикаторів був нижче середнього (УПУ=0,15-0,30) на моніторингових вулицях Ф. Полетаєва, 3; Небесної Сотні, 10-В і 18-А. Крім того, лише у 2017 р. встановлено аналогічний рівень ушкодженості обох біоіндикаторів на вул. Небесної Сотні, 9. Тільки для *M. domestica* на вулицях Руська, 178; Салтикова-Щедрина, 29; Проспект Незалежності, 88-Д та П. Орлика, 1 виявлено рівень ушкодженості нижче середнього. Для *P. cerasus* в усіх моніторингових точках показано лише низький рівень ушкодженості (УПУ=0-0,15).

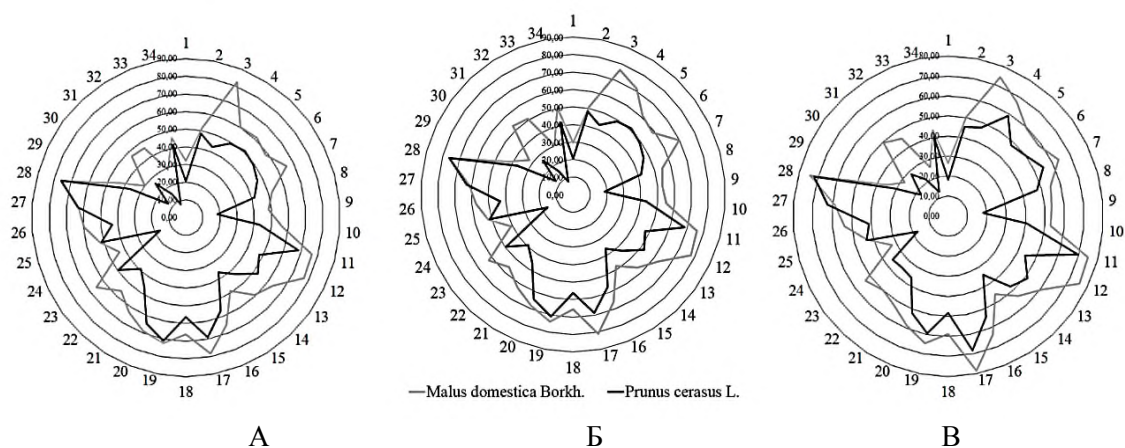


Рис. 4. Частка пилкових зерен із середнім вмістом крохмалю *M. domestica* та *P. cerasus*, %: А – 2015 р.; Б – 2016 р.; В – 2017 р.

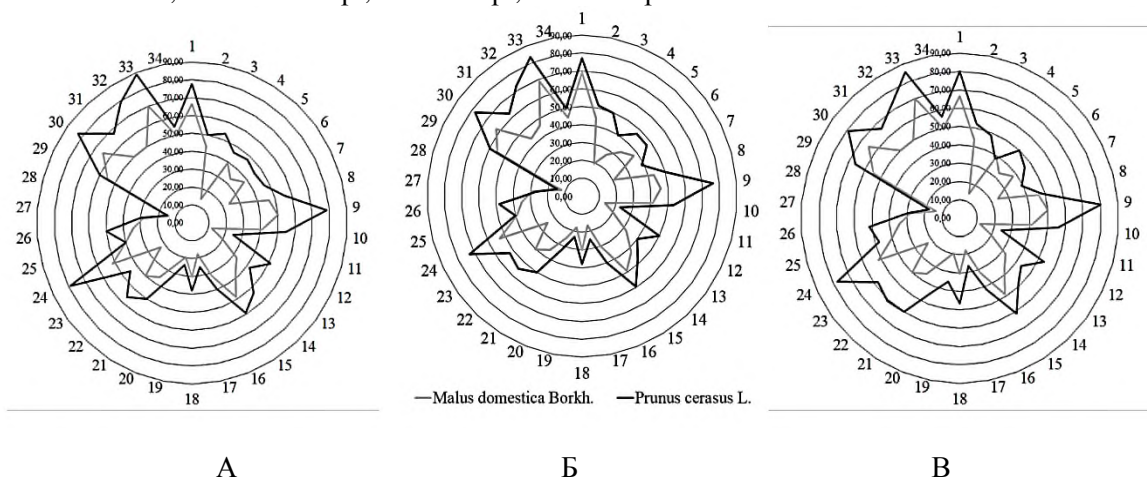


Рис. 5. Частка пилкових зерен з високим вмістом крохмалю *M. domestica* та *P. cerasus*, %: А – 2015 р.; Б – 2016 р.; В – 2017 р.

Отже, за рівнем УПУ біоіндикаторів на досліджуваних моніторингових територіях встановлено, що стан біоіндикаторів змінюється від «сприятливого» до «насторожуючого».

За розрахованим ІУПУ, який враховував рівень ушкодженості обох біоіндикаторів, шість моніторингових точок виявили екологічний стан «задовільний», а на інших територіях екологічна ситуація – «еталонна».

Таким чином, за результатами паліномоніторингу критичне аеротехногенне забруднення серед досліджених точок м. Чернівці спостерігається на вулицях Небесної Сотні, 18-А; Ф. Полетаєва, 3; П. Орлика, 1; Салтикова-Щедрина, 29; Руська, 178 та Небесної Сотні, 10-В.

На нашу думку, висока стерильність пилку на вулицях Небесної Сотні, 18-А і 10-В; Ф. Полетаєва, 3; П. Орлика, 1 зумовлена близькістю розташування з усіх боків автодоріг з активним рухом автотранспорту та наявністю постійних заторів. Джерелами аеротехногенного забруднення на вул. Салтикова-Щедрина, 29 є цегельний завод № 3, автодороги, що оточують з усіх боків моніторинговий майданчик і залізнична колія, яка проходить неподалік. Поблизу моніторингової точки на вул. Руська, 178 розміщено підприємство ТОВ «Завод МініМаш», основний напрям діяльності якого – виготовлення устаткування для виробництва ПЕТ- пляшок, пакування та коркування.

За даними М.М. Миленької [5], поява стерильного пилку, якому властиві порушення нормального розвитку та деформація будови, може свідчити про несприятливі зовнішні чинники. С.С. Костишиним із співав. [4] встановлено, що відсоток безкрохмальних пилкових зерен *Ranunculus acris* L. слугує чутливим індикатором сукупного рівня забруднення

поверхневого шару ґрунтів Чернівецької області важкими металами. Тож в умовах забруднення середовища кількість пилоквих зерен, що містять крохмалю, різко зменшується.

Висновки

У результаті проведених досліджень показано, що у відповідь на підвищення рівня техногенного навантаження біоіндикатори продукували більше стерильного пилку. Показана більша чутливість *Malus domestica* Borkh. до техногенної трансформації урботериторії, ніж *Prunus cerasus* L.

Виявлено відмінність біоіндикаторів за характером продукування пилку з різним вмістом крохмалю. Так, для *M. domestica* найбільшою серед пилоквих зерен була фракція з середнім вмістом крохмалю, тоді як для *P. cerasus* – з високим вмістом. Зазначена особливість яблуні розширює можливості її застосування в якості біоіндикатора, а переважання частки пилоквих зерен з певним вмістом крохмалю може засвідчувати про рівень техногенної трансформації довкілля. За ІУПУ біоіндикаторів встановлено «задовільний» екологічний стан на вулицях Небесної Сотні, 18-А; Ф. Полетаєва, 3; П. Орлика, 1; Салтикова-Щедрина, 29; Руська, 178 та Небесної Сотні, 10-В, тоді як в усіх інших моніторингових точках екологічна ситуація – «еталонна».

1. Бессонова В. П. Оцінка стану пилку деревних рослин в урботехногенній екосистемі / В.П. Бессонова, Є. П. Бессонов, В. М. Зверковський // Питання біоіндикації та екології. — 2013. — Вип. 18, № 1. — С.70—83.
2. Горова А.І. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А. І. Горова, А. В. Павличенко, О. О. Борисовська, В. Ю. Грунтова, О. В. Деменко. — Д.: Національний гірничий університет, 2014. — 76 с.
3. Ибрагимова Э. Э. Оценка палинотоксического влияния выбросов автотранспорта с использованием пыльцы *Juglans regia* / Э. Э. Ибрагимова, Д. В. Баличиева // Матеріали міжнар. конфер. «Сучасні проблеми біології, екології та хімії», 29 березня-01 квітня 2007 р. Ч.2. — Запоріжжя, 2007. — С. 393—395.
4. Костишин С. С. Біомоніторинг Чернівецької області / С. С. Костишин, С. С. Руденко, Т. В. Морозова. — Чернівці: Рута, 2008. — 238 с.
5. Миленька М. М. Життєздатність пилку деревних рослин як критерій якості навколишнього середовища / М. М. Миленька // Екологія та ноосферологія. — 2009. — Т. 20. — С. 181—187.
6. Руденко С. С. Практикум із загальної екології. Рекомендовано МОН України / С. С. Руденко, С. С. Костишин, Т. В. Морозова. — Чернівці: вид-во ЧНУ, 2013. — 248 с.

References

1. Bessonova V. P. Otsinka stanu pylku derevnykh roslyn v urbotekhnogeniyy ekosystemi / V.P. Bessonova, Ye. P. Bessonov, V. M. Zverkovsk'yyu // Pytannia bioindykatsii ta ekolohii. — 2013. — Vyp. 18, No 1. — S.70—83. (in Ukrainian).
2. Horova A.I. Bioindykatsiia. Metodychni rekomendatsii do vykonannia laboratornykh robit studentamy napriamu pidhotovky 6.040106 «Ekolohiia, okhorona navkolyshn'oho seredovysycha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia» / A. I. Horova, A. V. Pavlychenko, O. O. Borysovs'ka, V. Yu. Gruntova, O.V. Demenko. — D.: Natsional'nyy hirnychyy universytet, 2014. — 76 s. (in Ukrainian).
3. Ibragimova E. E. Otsenka palinotoksicheskogo vliianiia vybrosov avtotransporta s ispol'zovaniem pyl'tsy *Juglans regia* / E. E. Ibragimova, D. V. Balichieva // Materiali mizhnar. konfer. «Suchasni problemi biologii, ekologii ta khimii», 29 bereznia-01 kvitnia 2007 r. Ch.2. — Zaporizhzhia, 2007. — S. 393—395. (in Russian).
4. Kostyshyn S. S. Biomonitorynh Chernivets'koi oblasti / S. S. Kostyshyn, S. S. Rudenko, T.V. Morozova. — Chernivtsi: Ruta, 2008. — 238 s. (in Ukrainian).
5. Mylen'ka M. M. Zhyttiezdatnist' pylku derevnykh roslyn iak kryteriy iakosti navkolyshn'oho seredovysycha / M. M. Mylen'ka // Ekolohiia ta noosferolohiia. — 2009. — T. 20. — S. 181—187. (in Ukrainian).
6. Rudenko S. S. Praktykum iz zahal'noi ekolohii. Rekomendovano MON Ukrainy / S. S. Rudenko, S.S. Kostyshyn, T. V. Morozova. — Chernivtsi: vyd-vo ChNU, 2013. — 248 s. (in Ukrainian).

I. O. Sytnikova, T. V. Fylypchuk

Yurii Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

PALYNOINDICATION OF ATMOSPHERIC AIR IN CHERNIVTSI CITY

The monitoring evaluation of anthropogenic transformation level of the environment was made according to viability of pollen *Malus domestica* Borkh. and *Prunus cerasus* L. The research was conducted in 2015-2017. The monitoring areas were located on the territories of preschool- and general educational institutions of Chernivtsi city. The pollen of the plants, which grow in locations of the background territory (landscape wildlife preserve Tsetsyno), was used as a control. As the result of the research, it was found out that the increase of anthropogenic loading level caused the productivity rise of sterile pollen grain. It was also discovered that *M. domestica* has a higher sensitivity than *P. cerasus* due to its capacity to produce fertile pollen with mean concentration of starch as a response to the atmospheric pollution. The mentioned feature of *M. domestica* expands the opportunities of its use as a bioindicator and also can indicate the anthropogenic transformation of environment. According to the integral conditional index of bioindicator's damage, it was assessed that a satisfactory state of environment is on the Nebesnoi Sotni 18-A st., F. Poletaeva 3 st., Saltykova-Shedrina 29 st., Ruska 178 st. and Nebesnoi Sotni 10-B st., when an ecological situation in other monitoring areas corresponds to the standards of cleanness. The main reason for the increase of pollen sterility of the bioindicators on the above-listed streets is a close proximity to the highways with an active traffic and traffic congestion.

Key words: monitoring, urban ecosystem, palynoindication, viability of pollen, pollen with high and average concentration of starch, sterile pollen, *Malus domestica* Borkh., *Prunus cerasus* L.

Надійшла 28.01.2019.

УДК 594.1:576.895.122

doi:10.25128/2078-2357.19.1.11

¹А.П. СТАДНИЧЕНКО, ¹О.І. УВАЄВА, ¹Д.А. ВІСКУШЕНКО, ²О.Д. ШИМКОВИЧ

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир, 10008

²Казанський (Приволзький) федеральний університет
вул. Кремлівська, 18, Казань, 420008, Російська Федерація
e-mail: bio-2016@ukr.net

ГЕМОЦИТИ ІНТАКТНОЇ ТА ІНВАЗОВАНОЇ ТРЕМАТОДАМИ ЖАБУРНИЦІ КИТАЙСЬКОЇ (MOLLUSCA, UNIONIDAE, ANODONTINAE)

Досліджено морфологічні особливості і деякі кількісні характеристики формених елементів гемолімфи жабурниці китайської *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834), представлених у неї чотирма категоріями гемокитів – прогемокитами, базофільними і еозинофільними гранулоцитами, а також макронуклеоцитами. У жабурниць інвазованих спороцистами і церкаріями трематоди *Rhipidocotyle companula* Dujardin, 1845 виявлено низку патогенних порушень у гемокитів усіх наявних у них категорій, ступінь вираженості яких зумовлюється інтенсивністю інвазії.

Ключові слова: жабурниця китайська, трематодна інвазія, гемокити, патоморфологічні і кількісні порушення

Вступ. Жабурниця китайська *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) – звичайний компонент континентальних прісних водойм Амуру-Японської і Китайської підобластей Сино-Індійської

I. O. Sytnikova, T. V. Fylypchuk

Yurii Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

PALYNOINDICATION OF ATMOSPHERIC AIR IN CHERNIVTSI CITY

The monitoring evaluation of anthropogenic transformation level of the environment was made according to viability of pollen *Malus domestica* Borkh. and *Prunus cerasus* L. The research was conducted in 2015-2017. The monitoring areas were located on the territories of preschool- and general educational institutions of Chernivtsi city. The pollen of the plants, which grow in locations of the background territory (landscape wildlife preserve Tsetsyno), was used as a control. As the result of the research, it was found out that the increase of anthropogenic loading level caused the productivity rise of sterile pollen grain. It was also discovered that *M. domestica* has a higher sensitivity than *P. cerasus* due to its capacity to produce fertile pollen with mean concentration of starch as a response to the atmospheric pollution. The mentioned feature of *M. domestica* expands the opportunities of its use as a bioindicator and also can indicate the anthropogenic transformation of environment. According to the integral conditional index of bioindicator's damage, it was assessed that a satisfactory state of environment is on the Nebesnoi Sotni 18-A st., F. Poletaeva 3 st., Saltykova-Shedrina 29 st., Ruska 178 st. and Nebesnoi Sotni 10-B st., when an ecological situation in other monitoring areas corresponds to the standards of cleanness. The main reason for the increase of pollen sterility of the bioindicators on the above-listed streets is a close proximity to the highways with an active traffic and traffic congestion.

Key words: monitoring, urban ecosystem, palynoindication, viability of pollen, pollen with high and average concentration of starch, sterile pollen, *Malus domestica* Borkh., *Prunus cerasus* L.

Надійшла 28.01.2019.

УДК 594.1:576.895.122

doi:10.25128/2078-2357.19.1.11

¹А.П. СТАДНИЧЕНКО, ¹О.І. УВАЄВА, ¹Д.А. ВІСКУШЕНКО, ²О.Д. ШИМКОВИЧ

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир, 10008

²Казанський (Приволзький) федеральний університет
вул. Кремлівська, 18, Казань, 420008, Російська Федерація
e-mail: bio-2016@ukr.net

ГЕМОЦИТИ ІНТАКТНОЇ ТА ІНВАЗОВАНОЇ ТРЕМАТОДАМИ ЖАБУРНИЦІ КИТАЙСЬКОЇ (MOLLUSCA, UNIONIDAE, ANODONTINAE)

Досліджено морфологічні особливості і деякі кількісні характеристики формених елементів гемолімфи жабурниці китайської *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834), представлених у неї чотирма категоріями гемокитів – прогемокитами, базофільними і еозинофільними гранулоцитами, а також макронуклеоцитами. У жабурниць інвазованих спороцистами і церкаріями трематоди *Rhipidocotyle companula* Dujardin, 1845 виявлено низку патогенних порушень у гемокитів усіх наявних у них категорій, ступінь вираженості яких зумовлюється інтенсивністю інвазії.

Ключові слова: жабурниця китайська, трематодна інвазія, гемокити, патоморфологічні і кількісні порушення

Вступ. Жабурниця китайська *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) – звичайний компонент континентальних прісних водоем Амуру-Японської і Китайської підобластей Сино-Індійської

зоогеографічної області [10]. Завдяки притаманній цьому виду широкій екологічній валентності, цей молюск успішно розселився останнім часом по прісноводних гідромережах різних континентів. На сьогодні його виявлено у 20 країнах Європи, у Центральній і Північній Америці [14, 18, 19, 21]. В Україну ця жабурниця потрапила по дунайському інвазійному коридору [6, 7, 12]. У сьогоднішній густонаселеній популяції *S. woodiana* представлені у пониззі Дунаю (Одеська обл.). Виявлено її й у Закарпатті – у р. Латориці [11]. Незважаючи на широке розселення по планеті і зазвичай великі показники загальної чисельності і щільності її популяцій, *S. woodiana* не став досі об'єктом ані для загальних гістологічних, ані для гематоцитологічних досліджень. Вивченням ж гемоцитів низки видів прісноводних двостулкових [9] і червононогих молюсків [8], здійсненими понад півстоліття назад, беззаперечно доведено, що якісні і кількісні характеристики формених елементів їхньої гемолімфи можуть розцінюватись як показники стану. Мета дослідження – виявити якісний склад, морфологічні особливості і кількісні характеристики клітинних елементів гемолімфи інтактних і інвазованих трематодами особин жабурниці китайської.

На сьогодні є у наявності лише декілька публікацій, у яких йдеться про морфологічні особливості клітинних елементів внутрішнього середовища жабурниць – *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) і *A. anatina* (Linnaeus, 1758) [8, 9, 15–17, 20]. Щодо *S. Woodiana*, роботи подібного плану нам не відомі. В умовах постійно зростаючого рівня антропогенного забруднення гідротопів, цінність таких досліджень є безсумнівною, адже за ступенем як якісних, так і кількісних змін, які стосуються тих чи інших категорій гемоцитів, можна судити про рівень впливу на них негативних чинників середовища і про можливі наслідки його не лише для жабурниці китайської, але в цілому для гідросистем, до складу яких вони входять. Роль гемоцитів у здійсненні різних процесів життєдіяльності молюсків важлива і різноманітна. Адже саме ці клітинні елементи гемолімфи забезпечують такі їхні захисні реакції як фагоцитоз, лейкоцитоз, інкапсуляція. Бактерицидні властивості гемоцитів зумовлені наявністю у цитоплазмі лізосомних ферментів. При пораненнях гемоцити скупчуються у чималих кількостях, закупаючи ушкодження кровоносних судин циркуляторної системи молюсків, зупиняючи у такий спосіб кровотечі, що виникають при пораненнях. Крім того, гемоцити здійснюють транспортування по організмі молюсків поживних речовин і перенесення до їхніх нирок кристалів сечової кислоти.

Матеріал і методи досліджень

Використано 105 екз. *S. Woodiana*, зібраних вручну одномоментно у червні 2011 р. у пониззі Дунаю (м. Вилкове Одеської обл.). Гемолімфу отримували шляхом прямого знекровлення тварин. Мазки її фіксували в абсолютному етиловому спирті. Забарвлення здійснювали методом Гімза [14]. Сухі мазки досліджували за допомогою методу мікроскопіювання (МБИ-3) із застосуванням масляної імерсії. Прижиттєві спостереження за форменими елементами гемолімфи здійснювали у «завислій краплі» [5]. Гемоцити при цьому підфарбовували слабким розчином нейтрального червоного. При з'ясуванні фагоцитарної активності цих клітин як інеродні матеріали використано порошки чорної туші і конго червоного.

Трематодну інвазію виявляли за допомогою мікроскопічного дослідження (ЛОМО Микмед-1 при збільшенні 7×8) тимчасових гістологічних препаратів, виготовлених із тканини гонад жабурниць. Видову належність гельмінта встановлено за методикою А. А. Заварзина [3].

Кількісні результати досліджень опрацьовано методами базової варіаційної статистики [1].

Результати досліджень та їх обговорення

Внутрішнє середовище *S. woodiana* – це її гемолімфа. Вона представлена плазмою і зануреними у ній клітинними (форменими елементами – гемоцитами) (табл.).

У жабурниці китайської виявлено 4 категорії клітин, які вперше для цього виду описано нами, – прогемоцити, базофільні і еозинофільні гранулоцити, макронуклецити. Три останні з них є похідними від прогемоцитів. Ці клітини здатні до мітотичного поділу. Внаслідок дивергентного диференціюючого розвитку, саме вони й започатковують усі інші категорії клітинних елементів гемолімфи молюсків [20].

Прогемоцити (камбіальні клітини) у невеликій кількості (табл.) були представлені у всіх, без виключення, досліджених особин жабурниці китайської. Це найменші за розмірами гемоцити, переважно округлої форми. Їхня цитоплазма гіалінова, незерниста, базофільна. Ядро набагато більше, ніж у базофільних і еозинофільних гранулоцитів. Колір його дуже темний. Хроматинові глибоки у ньому малочисельні (2–4), дуже великі, тісно зближені між собою. Їхня форма є здебільшого неправильною.

Таблиця

Кількісні характеристики гемоцитів *S. woodiana* інтактних і інвазованих трематодою *Rhipidocotyle companula* Dujardin, 1845

Категорії формених елементів	Розміри гемоцитів (мкм)			Процентне співвідношення гемоцитів			Ядерно-цитоплазматичне співвідношення		
	n	lim	M±m CV	n	lim	M±m CV	n	lim	M±m CV
ІНТАКТНІ									
Прогемоцити	1 9	13,3–24,1	14,3±0,4 14,2	1 1	3,5–11,0	5,9±0,1 20,1	1 5	0,2–0,5	0,4±0,01 16,3
Базофільні гранулоцити	2 0	17,7–31,3	20,9±0,7 19,8	1 9	15,3–25,8	23,0±0,1 18,7	1 5	0,2–0,3	0,3±0,01 20,0
Еозинофільні гранулоцити (молоді)	2 2	18,2–26,9	23,8±0,6 17,3	1 6	20,1–24,3	25,1±0,4 18,6	1 7	0,2–0,3	0,2±0,01 21,1
Еозинофільні гранулоцити (старіючі)	2 1	19,3–30,2	25,7±0,1 20,0	1 7	19,7–26,9	27,9±0,6 21,3	1 5	0,19–0,2 9	0,2±0,01 20,7
Макронуклеоцити	2 3	16,9–30,5	26,1±0,3 16,4	1 6	13,8–17,9	18,1±0,2 19,4	2 0	0,5–0,7	0,6±0,01 14,3
ІНВАЗОВАНІ									
Прогемоцити	1 8	7,2–18,4	11,0±0,6 19,5	1 4	2,0–7,9	3,5±0,1 18,3	1 4	0,1–0,3	0,2±0,01 15,5
Базофільні гранулоцити	1 4	12,2–17,4	16,7±0,2 21,1	1 3	21,2–28,4	25,0±0,1 13,6	1 1	0,1–0,3	0,2±0,01 19,7
Еозинофільні гранулоцити (молоді)	1 5	19,1–23,9	22,2±0,3 14,6	1 7	22,3–27,8	26,5±0,1 17,7	1 3	0,1–0,3	0,2±0,01 20,2
Еозинофільні гранулоцити (старіючі)	1 7	23,3–29,6	27,0±0,1 13,8	1 4	25,0–29,3	27,0±0,1 16,6	1 8	0,1–0,4	0,2±0,01 15,3
Макронуклеоцити	1 6	23,8–29,9	27,6±0,6 15,6	1 1	16,0–22,4	18,0±0,1 19,1	1 3	0,5–0,9	0,7±0,02 18,9

Примітки: n – кількість досліджених молюсків, екз.; lim – мінімальне і максимальне значення, мкм; M±m – середнє значення показника з похибкою до середнього, мкм; CV – коефіцієнт варіації, %.

Базофільні гранулоцити завжди більші порівняно з прогемоцитами, але дрібніші від клітин, які належать до інших категорій формених елементів гемолімфи *S. woodiana*. Вони переважно округлої форми, рідше – овальні або овально-видовжені. Дослідження їхні у «завислій краплі» засвідчують наявність у цих гемоцитів здатності до утворення коротких, але дуже широких лобоподіїв. Цитоплазма гомогенна, базофільна. Ступінь базофілізації її послаблюється з віком клітин. Ядро округле. Хроматин у ньому представлений дрібною зернистістю, рівномірно розподіленою по всій каріоплазмі. Ядерце одне, округлої форми. Спосіб розмноження – мітоз. З усіх похідних прогемоцитів ці гемоцити представлені зазвичай у плазмі гемолімфи *S. woodiana* у найменшій кількості. Основна їхня

функція – фагоцитоз. Частина базофільних гемоцитів перетворюється на нефроцити. Останні накопичують у своїй цитоплазмі численні вакуолі (11–23). Вони заповнені екскретатами жовтого, зеленого та коричневого кольорів, згодом виводяться через нирки.

Еозинофільні гранулоцити – найчисельніша категорія формених елементів гемолімфи жабурниці китайської. Це клітини округлої форми, трохи більші за базофільні гранулоцити. Прижиттєві спостереження за ними свідчать про здатність їх утворювати численні загострені на кінцях філоподії. Цитоплазма зерниста, еозинофільна, нерідко вакуолізована. Залежно від характеру її зернистості, гемоцити цієї категорії поділяють на дві групи: еозинофільні гранулоцити молоді і еозинофільні гранулоцити старіючі [2]. У перших із них зернистість амофільна, украй дрібна і рівномірно розподілена по цитоплазмі. Натомість у других вона еозинофільна, значно грубша і розподілена нерівномірно. Саме у цитоплазмі останніх із них центральна частина грубих зерен нерідко повністю розчиняється і вони набувають кільцеподібного вигляду. Таке явище ми спостерігали у 9,5% досліджених *S. woodiana*. Раніше ж подібне явище було описане для жабурниць роду *Anodonta* [4, 20]. Ядро у гемоцитів цієї категорії округле, меншого розміру, порівняно з базофільними гранулоцитами. Хроматин у ньому представлений щільно зближеними великими глибками неправильної форми. Ядерце малопомітне. Спосіб розмноження – амітоз. Основна функція еозинофільних гранулоцитів – захисна (у формі несправжньої аглютинації, яка характеризується об'єднанням цих клітин у клубки і закупорюванні ними поранень). Окрім того, багатоядерні плазмодії, які утворюються злиттям великої кількості цих клітин, здатні оточувати різні інородні тіла, у тому числі й паразитів. Таким способом вони ізолюють їх від тканин організму хазяїна.

Макронуклеоцити – гемоцити округлої форми, котрі майже у 2 рази більші ніж прогемоцити та в 1,1–1,2 рази – ніж базофільні і еозинофільні гранулоцити. Їхнє ядро дуже крупне, округле, займає центральне місце. Глибки хроматину у ньому збиті до купи і майже не відрізняються між собою.

У гонадах 29% досліджених особин *S. woodiana* виявлено спороцисти і церкарії трематоди *R. companula*. Серед інвазованих жабурниць у 22,4% особин спостерігалася інвазія низького рівня (ураження гельмінтами до 10% об'єму гонади звичайного гостального біотопа хазяїв), у 70% – середня інвазія (ураження від 10 до 50% її об'єму), у 7,6% – тотальна інвазія (охоплювала 100% гонади).

За низької трематодної інвазії вплив *R. companula* на її облігатних хазяїв-моллюсків обмежується пошкодженнями локального характеру – руйнацією окремих частин тканини гонади. Інвазія ж середнього рівня, а тим паче тотальна інвазія, спричиняються до розвитку в уражених паразитами жабурниць загального патологічного процесу. До проявів його належать не лише патоморфологічні зміни формених елементів гемолімфи жабурниць, але й зрушення у ній як кількісного співвідношення гемоцитів різних категорій, так і їхньої загальної кількості (табл. 1). У гемоцитах усіх категорій спостерігається розрихлення їхньої каріоплазми та цитоплазми внаслідок інтенсивної вакуолізації. У випадку помірної трематодної інвазії її відзначено у 10% прогемоцитів, 39,8% еозинофільних і у 31,4% базофільних гранулоцитів. У випадку тотальної інвазії подібні дистрофічні порушення є у багато разів сильнішими.

У еозинофільних гранулоцитів і макронуклеоцитів за трематодної інвазії часто спостерігаються якісні дегенеративні зміни, котрі зазвичай полягають у зростанні базофілізації їхньої цитоплазми. У *S. woodiana* цей симптом зареєстровано у 5,6% еозинофільних гранулоцитів і у 7,5% макронуклеоцитів.

Інвазія призводить також до зменшення загальних розмірів ядер у всіх категоріях гемоцитів і до здрібнення клітин, яке супроводжується відповідно зменшенням значень ядерно-цитоплазматичного співвідношення (табл.). Якісні дегенеративні зміни ядер гемоцитів (каріопікноз, каріорексіс, каріолізіс) частішають із збільшенням інтенсивності гельмінтної інвазії і, як правило, супроводжуються зміною у гемоцитах їх розташування від центрального до периферійного.

В інвазованих жабурниць збільшується відносна кількість старіючих гемоцитів і частіше трапляються віджилі, мертві клітини у порівнянні з незараженими моллюсками.

Висновки

Гемолімфа – внутрішнє середовище жабурниці китайської, представлена плазмою і форменими елементами – гемоцитами (прогемоцити, базофільні і еозинофільні гранулоцити, макронуклеоцити). Гемоцити різних категорій відрізняються між собою за формою, розмірами клітин і їхніх ядер, ступенем зернистості цитоплазми, рівнем її базофілізації, а також способом розмноження. У інвазованих трематодами особин збільшується загальна кількість гемоцитів завдяки їхньому здібненню. Відбуваються також дистрофічні процеси у ядрі і цитоплазмі клітинних елементів гемолімфи, ступінь розвитку яких залежить від інтенсивності гельмінтної інвазії.

У майбутньому доцільно дослідити як саме впливають стать і вік їхніх облігатних проміжних хазяїв, а також життєва форма (спороцисти, церкарії) їхніх паразитів на якісні й кількісні показники гемоцитів у заражених трематодами жабурниць.

1. Антраментова Л. О. Біометрія Ч. I: Підручник / Л. О. Антраментова. — Х.: Ранок, 2007. — 176 с.
2. Заварзин А. А. К сравнительной гистологии крови и соединительной ткани / А. А. Заварзин. — М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1953. — 373 с.
3. Заварзин А. А. Очерки эволюционной гистологии крови и соединительной ткани / А. А. Заварзин. — М. – Л.: Изд-во АН СССР, —1953. —716 с.
4. Кедровский Б. В. О клетках крови беззубок / Б. В. Кедровский // Зоол. журн. — 1924. Т. 4. — Вып. 3–4. — С. 220—233.
5. Пирс Э. Гистохимия теоретическая и прикладная / Э. Пирс. — М.: ИЛ, 1962. — 251 с.
6. Сон М. О. Экзотические моллюски (Mollusca: Bivalvia, Gastropoda) в пресных и солоноватых водах Украины / М. О. Сон // Еколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2006. – Вип. 2. — С. 308—311.
7. Сон М. О. Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья / М.О. Сон. — Одесса: Друк, 2007. — 132 с.
8. Стадниченко А. П. Патоморфологические изменения клеточных элементов гемолимфы пресноводных легочных и переднежаберных моллюсков при инвазии их партенитами трематод / А.П. Стадниченко, Л. Д. Иваненко, М. А. Колосенко, А. Б. Бубон, Р. В. Литвинчук // Паразитология. — 1981. — Т. 15, Вып. 5. — С. 407—414.
9. Стадниченко А. П. Патоморфологические изменения форменных элементов гемолимфы пресноводных моллюсков (Bivalvia, Unionidae, Anodontinae) при инвазии их партенитами трематод / А. П. Стадниченко, А. Б. Бубон, Р. В. Литвинчук // Паразитология. — 1983. — Т. 17, Вып. 1. — С. 18—23.
10. Старобогатов Я. И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов / Я. И. Старобогатов. — Л.: Наука, 1970. — 372 с.
11. Янович Л. Н. Новая находка моллюска-вселенца *Sinanodonta woodiana* Lea, 1834 (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) в Украине / Л. Н. Янович, М. М. Пампура // Вестн. зоол. — 2011. — Т. 45, № 2. — С. 186.
12. Янович Л. Н. Новая находка *Sinanodonta woodiana* (Bivalvia, Unionidae) в бассейне Дуная Украины (морфобиологическая характеристика) / Л. Н. Янович, М. М. Пампура // Науковий вісник УжГНУ. Серія біологія. — 2012. — Вип. 22. — С. 145—149.
13. Янович Л. М. Зараженість перлівницевиx (Bivalvia, Unionidae) України трематодою *Rhipidocotyle illense* Ziegler, 1883 / Л. М. Янович, М. М. Пампура // Вісн. Львів. ун-ту. Серія біологічна. — 2012. — Вип. 59. — С. 201—208.
14. Bogan. A. E. A new threat to conservation of north american freshwater mussels: Chinese Pond Mussel *Sinanodonta woodiana* in the Unated States / A. E. Bogan, J. Bowers-Altman, M. Raley. — 2011. — Tentacle 19. — P. 39—40.
15. Bruyne C. De la phagocytose observée sur le vivant dans les branchies de Mollusques lamellibranches / C. Bruyne // C. r. Acad. Sci. — 1893. — Т. 116. — S. 65—68.
16. Bruyne C. Contribution a l'étude de la phagocytose / C. Bruyne // Arch. biol. — 1896. — Т. 14. — S. 161—241.
17. Cuenot L. Etudes physiologiques surles gastropodes pulmones / L. Cuenot // Arch. biol. – 1892. — Т. 12. – – S. 683—740.
18. Djajasmita M. The occurenece of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) in Indonesia (Pelecypoda: Unionidae) / M. Djajasmita // Veliger. — 1982. — Vol. 25. — P. 175.

19. Dudgeon D., Morton B. The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia: Unionacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong / D. Dudgeon, B. Morton // *Journal of Zoology* (London). — 1983. — Vol. 201. — Issue 2. — P. 161—183.
20. Fernau W. Die Niere von *Anodonta cellensis* Schrot. III. Die Nierentafigkeit / W. Fernau // *Z. wiss. Zool.* — 1914. — Bd. 111. — S. 570—647.
21. Watters G. T. A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) / G. T. Watters // *Veliger.* — 1997. — Vol. 40. — Issue 2. — P. 152—156.

References

1. Antramentova L. O. Biometriia Ch. I: Pidruchnyk / L. O. Antramentova. — Kh.: Ranok, 2007. — 176 s. (in Ukrainian).
2. Zavarzin A. A. K sravnitel'noy gistologii krovi i soedinitel'noy tkani / A. A. Zavarzin. — M. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1953. — 373 s. (in Russian).
3. Zavarzin A. A. Ocherki evoliutsionnoy gistologii krovi i soedinitel'noy tkani / A. A. Zavarzin. — M. – L.: Izd-vo AN SSSR, —1953. —716 s. (in Russian).
4. Kedrovskiy B. V. O kletkakh krovi bezzubok / B. V. Kedrovskiy // *Zool. zhurn.* — 1924. T. 4. — Vyp. 3–4. — S. 220—233. (in Russian).
5. Pirs E. Gistokhimiia teoreticheskaia i prikladnaia / E. Pirs. — M.: IL, 1962. — 251 s. (in Russian).
6. Son M. O. Ekzoticheskie molliuski (Mollusca: Bivalvia, Gastropoda) v presnykh i solonovatykh vodakh Ukrainy / M. O. Son // *Ekologo-funktsional'ni ta faunistichni aspekti doslidzhennia moliuskiv, ikh rol' u bioindikatsii stanu navkolishn'ogo seredovishcha.* – Zhitomir: Vid-vo ZhDU im. I. Franka, 2006. – Vip. 2. – S. 308—311. (in Russian).
7. Son M. O. Molliuski-vselentsy v presnykh i solonovatykh vodakh Severnogo Prichernomor'ia / M.O. Son. – Odessa: Druk, 2007. — 132 s. (in Russian).
8. Stadnichenko A P. Patomorfologicheskie izmeneniia kletochnykh elementov gemolimfy presnovodnykh legochnykh i perednezhabernykh molliuskov pri invazii ikh partenitami trematod / A.P. Stadnichenko, L.D. Ivanenko, M. A. Kolosenko, A. B. Bubon, R. V. Litvinchuk // *Parazitologiya.* — 1981. — T. 15, Vyp. 5. — S. 407—414. (in Russian).
9. Stadnichenko A. P. Patomorfologicheskie izmeneniia formennykh elementov gemolimfy presnovodnykh molliuskov (Bivalvia, Unionidae, Anodontinae) pri invazii ikh partenitami trematod / A. P. Stadnichenko, A. B. Bubon, R. V. Litvinchuk // *Parazitologiya.* — 1983. — T. 17, Vyp. 1. — S. 18—23. (in Russian).
10. Starobogatov Ia. I. Fauna molliuskov i zoogeograficheskoe rayonirovanie kontinental'nykh vodoemov / Ia. I. Starobogatov. — L.: Nauka, 1970. — 372 s. (in Russian).
11. Ianovich L. N. Novaia nakhodka molliuska-vselentsa *Sinanodonta woodiana* Lea, 1834 (Mollusca, Bivalvia, Unionidae) v Ukraine / L. N. Ianovich, M. M. Pampura // *Vestn. zool.* — 2011. — T. 45, No 2. — S. 186. (in Russian).
12. Ianovich L. N. Novaia nakhodka *Sinanodonta woodiana* (Bivalvia, Unionidae) v bassejne Dunaia Ukrainy (morfobiologicheskaia kharakteristika) / L. N. Ianovich, M. M. Pampura // *Naukoviy visnik UzhgNU. Seriya biologiya.* — 2012. — Vip. 22. — S. 145—149. (in Russian).
13. Yanovych L. M. Zarazhenist' perlivnytsevykh (Bivalvia, Unionidae) Ukrainy trematodiu *Rhipidocotyle illense* Ziegler, 1883 / L. M. Yanovych, M. M. Pampura // *Visn. L'viv. un-tu. Seriya biolohichna.* — 2012. — Vyp. 59. — S. 201—208. (in Ukrainian).
14. Bogan. A. E. A new threat to conservation of north american freshwater mussels: Chinese Pond Mussel *Sinanodonta woodiana* in the Unated States / A. E. Bogan, J. Bowers-Altman, M. Raley. — 2011. — Tentacle 19. — P. 39—40.
15. Bruyne C. De la phagocytose observée sur le vivant dans les branchies de Mollusques lamellibranches / C. Bruyne // *C. r. Acad. Sci.* — 1893. — T. 116. — S. 65—68.
16. Bruyne C. Contribution a l'étude de la phagocytose / C. Bruyne // *Arch. biol.* — 1896. — T. 14. — S. 161—241.
17. Cuenot L. Etudes physiologiques surles gastropodes pulmones / L. Cuenot // *Arch. biol.* — 1892. — T. 12. — S. 683—740.
18. Djajasasmita M. The occurenece of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) in Indonesia (Pelecypoda: Unionidae) / M. Djajasasmita // *Veliger.* — 1982. — Vol. 25. — P. 175.
19. Dudgeon D., Morton B. The population dynamics and sexual strategy of *Anodonta woodiana* (Bivalvia: Unionacea) in Plover Cove Reservoir, Hong Kong / D. Dudgeon, B. Morton // *Journal of Zoology* (London). — 1983. — Vol. 201. — Issue 2. — P. 161—183.

20. Fernau W. Die Niere von *Anodonta cellensis* Schrot. III. Die Nierentafigkeit / W. Fernau // Z. wiss. Zool. – 1914. — Bd. 111. — S. 570—647.
21. Watters G. T. A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) / G. T. Watters // Veliger. — 1997. — Vol. 40. — Issue 2. — P. 152–156.

A.P. Stadnychenko, O.I. Uvaeva, D.A. Vyskushenko, O.D. Shimkovich

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

Kazan Federal University, Russia

THE HAEMOCYTES OF INTACT AND INFECTED WITH TREMATODES OF CHINE POND MUSSEL (MOLLUSCA, UNIONIDAE, ANODONTINAE)

The hemolymph of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) consists of plasma and cells of four types: prohemocytes (cambial cells), macronucleocytes, basophilic and eosinophilic granulocytes. The three latter cell types derive from the cambial cells through mitosis. The cellular sizes are: prohemocytes 14.3 ± 0.4 , basophilic granulocytes 20.9 ± 0.7 , young eosinophilic granulocytes 23.8 ± 0.6 , older eosinophilic granulocytes 25.7 ± 0.1 , macronucleocytes 26.1 ± 0.3 . All cells and their nuclei are roundish. Nuclear chromatin is either fine-grained fairly evenly distributed in the karyoplasm (in basophilic granulocytes), or more or less grouped dark-colored small (2-5-6) chromatin blocks. NC-ratio is maximum in macronucleocytes (0.6 ± 0.01). NC-ratio of prohemocytes is 0.4 ± 0.01 , that of basophilic granulocytes is 0.3 ± 0.01 . NC-ratio of eosinophilic granulocytes is 0.2 ± 0.01 . Eosinophilic cells prevail in hemolymph elements: the young eosinophilic granulocytes make up 25.1 ± 0.4 % and the older eosinophilic cells are up to 27.9 ± 0.6 % of all hemocytes. The major functions of hemolymph cells are transport and protection.

Transport is particularly pronounced in basophilic granulocytes in the form of phagocytosis. The protective function of hemocytes of different categories is manifested in a different way. Thus, some of the basophilic granulocytes develop into nephrocytes, which accumulate numerous (11-23) vacuoles of yellow-green-brown color. The vacuoles are subsequently excreted by the mollusk through the kidneys. The protective function of eosinophilic granulocytes is realized as false agglutination (these hemocytes clog into lumps that close wounds), which helps preventing blood loss. Also, eosinophilic granulocytes merge into multinucleated plasmodium, accumulating in large quantities around various foreign bodies (parasites or fragments of destroyed tissues) and encapsulating them to isolate from host tissues.

At Northern Black Sea Coast, Chinese pond mussel is a common intermediate host of the trematode *Rhipidocotyle companula* Dujardin, 1845.

The trematode inhabits the mollusk's gonads. The parasitic sporocysts and cercariae were found in 29 % of examined mollusk specimens. Infestations were weak (up to 10 % of gonads were affected) in 22.4 % of infected mollusks, moderate (10 to 50 % of gonads) in 70 % of contaminated mollusks. Only 7.6 % of infected pond mussels were hyperinfected (100 % of gonads were affected).

Weak trematode infestation is accompanied by localized damage. The total number and volume of parasitic focal lesions are generally insignificant. Moderate infection, and especially a hyperinfection cause not only the lesions in the hostal biotope, but also the overall pathological process in mollusk hosts. Simultaneously, the prohemocytes and basophilic granulocytes as well as their nuclei reduce in size. The total number of prohemocytes also declines by 1.7 times. The greatest decrease in the nuclear-cytoplasmic ratio (by a factor of 1.5-2) is noted also for prohemocytes and basophilic granulocytes. The vacuolization of karyoplasm and cytoplasm, the basophilization of cytoplasm, the degenerative changes in hemocyte nuclei (karyopycnosis, karyorexis, karyolysis), and the total number of aging and dying hemocytes are directly related to the level of infection intensity.

Key words: Sinanodonta woodiana, trematodes, haemocytes, pathomorphological and quantative breaks

Надійшла 22.01.2019.

¹М.О. ШТОГРИН, ²Л.Л. ОНУК, ¹А.О. ШТОГУН, ¹І.В. БОБРИК¹Національний природний парк «Кременецькі гори»

вул. Осовиця, 12, Кременець, 47003

²Кременецький ботанічний сад

пров. Ботанічний, 5, Кременець, Тернопільська область, 47003

e-mail: npp_kremgory@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ СТЕПОВИХ ЕКОСИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «КРЕМЕНЕЦЬКІ ГОРИ», ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ

У статті описано степові ділянки гір Страхова, Маслятин, Дівочі скелі, Замкова, Соколина, що входять до складу національного природного парку «Кременецькі гори», охарактеризовано їх флористичний склад. Запропоновано комплекс заходів щодо збереження та відтворення степових екосистем, збереження різноманіття наскельно та лучно-степової флори, структури ценозів остепнених ділянок національного природного парку «Кременецькі гори».

Ключові слова: національний природний парк «Кременецькі гори», степові та лучно-степові види рослин, ендеміки, реліктові види

Найпридатнішими для збереження біотичного різноманіття є заповідні території, на яких є можливість звести антропологічний вплив до мінімуму. Проте більшість об'єктів природно-заповідного фонду в минулому зазнали трансформацій (зміна рослинних угруповань, сільськогосподарське освоєння, вплив на лісові комплекси тощо), що призводить до певних проблем при забезпеченні режиму заповідності. Залишки степових екосистем є найбільш дефіцитними природними комплексами Національного природного парку «Кременецькі гори» (далі – Парк), які повинні охоронятись у першу чергу.

Степові ділянки Парку займають мінімальні площі на відкритих горбах і скелястих відслоненнях, тому пріоритетними завданнями є охорона унікальних степових екосистем.

Відтворення степових ділянок є одним із завдань, спрямованих на збереження різноманіття степової та петрофітної флори, структури ценозів остепнених територій, а також оселищ рідкісних степових рослин.

Дослідження рослинного світу території Парку проводилися неодноразово О.О. Кагало (1984–2013 р.), Мшанецька, 1999; Дейнеко, Бойко, 2003; Чубата, Бойко, 2003; Сушко, 2004, 2006; Мельничук, Чубата; Віхорчук, Бойко; Глінська, 2006; Онук, 2006; Віхорчук, Чубата, Бойко, 2006; Глінська, Скоропляс, 2008, 2009; Черняк, Синиця, 2008; Глінська, Оніщук, 2008; Віхорчук, Євсікова, Кричковська, 2009; Віхорчук, Василюк, Євсікова, 2009; Лісова, 2011 тощо [1, 2, 6, 8, 11, 13].

Флору Кременецьких гір вивчали багато науковців, проте слід звернути увагу на працю Б.В. Заверюхи, у якій він описує степові ділянки 1963 р., у розподілі яких спостерігається сувора залежність від експозиції схилів, едафічних умов і ступеня зволоження. Згідно класифікації, яка була прийнята на той час за основу, спільною назвою об'єднується як власне степові фітоценози з пануванням щільно-дернинних злаків, так і петрофільні і псамофільні варіанти їх, а також ділянки піщого степу та напівсаванні ділянки з пануванням кореневидних злаків [3].

За роки існування Парку проведено низку досліджень та вивчено рослинний покрив степових ділянок, наглядно показано зміни популяцій та їх динаміку за окремими видами.

Мета роботи – проаналізувати флористичні та фітоценотичні особливості степових і лучно-степових фітоугруповань, стан і структуру популяцій рідкісних видів; запропонувати заходи щодо збереження, відтворення та підтримки степових екосистем, різноманіття степової і петрофітної флори, структури ценозів остепнених ділянок. Для досягнення мети було поставлено наступні **завдання**: дослідити степові ділянки гір Страхова, Маслятин, Дівочі

скелі, Замкова, Соколина, які знаходяться у межах Парку, встановити флористичний склад рослинного покриву та структуру популяцій рідкісних степантних і пратантних видів, обґрунтувати ефективність охорони степових та лучно-степових ділянок на території Кременецьких гір.

Матеріал і методи досліджень

В основу роботи покладено матеріали польових досліджень, проведених впродовж 2012–2018 рр. на території Парку. За цей час перевірено місцезнаходження, що були відомі за літературними та гербарними даними, проведено пошук нових місцезростань рідкісних видів. У ході вивчення використано загальноприйняті методи флористичних і фітоценотичних опрацювань. Польові дослідження здійснювали щорічно з використанням маршрутно-експедиційних методів на території. Види рослин наведено за Catalogue of Life [15]. Фенологічні спостереження проводили згідно методики Бейдеман (1974). Вікову структуру ценопопуляцій вивчали за методикою Работнова, Уранова, Жукової (1987). Вікові стани *Adonis vernalis* L. виділено на основі описів онтогенезу j – ювінільні, im – іматурні, v – віргінільні, g – генеративні особини.

Результати досліджень та їх обговорення

Відповідно до ландшафтного районування територію національного природного парку «Кременецькі гори» відносять до Кременецького горбогірного лісового району. М'який клімат з достатньою кількістю опадів (біля 700 мм), сприятливим температурним режимом (середня температура січня (–5 С°) – (–6 С°), липня +18 – 20 С°) сприяв формуванню багатого ґрунтового покриву: сірі, світло-сірі, темно-сірі опідзолені лісові ґрунти, чорноземи опідзолені, дерново-карбонатні на платоподібних вершинах гір та середніх верхніх схилах. У нижній частині сформувались дерново-карбонатні, дерново-середньопідзолисті ґрунти. Зважаючи на ґрунтовий покрив, Кременецькі гори відомі своїм біорізноманіттям. Їх природний рослинний покрив утворений переважно хвойно-широколистяними та широколистяними лісами, а також чагарниковими заростями. Флора судинних рослин налічує 779 видів, з яких 49 видів включено до Червоної книги України [4, 7, 10].

Самобутності та своєрідності рослинному світу Кременецьких гір надають ділянки степової і наскельно-степової рослинності, які є місцем зростання низки волино-подільських ендеміків, реліктових, червонокнижних та регіонально рідкісних видів.

Степова ділянка № 1 на г. Страхова знаходиться у верхній частині схилу південно-західної експозиції. Загальна площа – 0,14 га. За геоботанічними описами домінантними видами є *Adonis vernalis*, *Anthericum ramosum* L., *Carex humilis* Leyss., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Peucedanum oreoselinum* (L.) Mench, *Cytisus ruthenicus* Wol., *Brachypodium pinnatum* (L.) P. Beauv., *Prunella grandiflora* (L.) Scholl., *Euphorbia cyparissias* L. [7]. Упродовж 2017–2018 років проведено розчищення ділянки від чагарників, що сприяло активному відновленню лучно-степових видів.

Степова ділянка № 2 на г. Страхова. Загальна площа – 0,12 га. Більша частина ділянки представляє собою розріджений ліс, у якому, переважно у верхній частині схилу, збереглися степові види. У трав'яному ярусі на освітлених місцях домінує *Dianthus arenarius* subsp. *pseudoserotinus* (Blocki) Tutin, *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp., *Brachypodium pinnatum*, *Poa pratensis* L., *Polygonatum odoratum*, *Sedum maximum* subsp. *ruprechtii* (Jalas) Soó, *Stachys recta* L. Нижні 5–10 м зайняті зімкнутим лісом [7]. Після проведеного у 2017–2018 роках розчищення ділянки від заліснення, відмічається збільшення загального трав'яного покриву та частки *Dianthus arenarius* subsp. *pseudoserotinus* у травостані на 5%, у середньому.

Степова ділянка № 3 на г. Страхова. Загальна площа – 0,12 га. Ділянка знаходиться на краю плато і у верхній частині схилу південно-західної експозиції. На освітлених ділянках у трав'яному ярусі домінують *Festuca pallens* Host., *Carex humilis*, *Stipa pennata* L., *Stipa capillata* L., *Dianthus arenarius* subsp. *pseudoserotinus*, *Epipactis atrorubens* (Hoffm.) Besser, *Anthericum ramosum* [7]. Внаслідок проведеного у 2017–2018 рр. розчищення від чагарників і соснового молодняка, збільшено освітленість ділянки, що сприяло збереженню та відновленню окремих видів, зокрема *Stipa pennata*, та зростанню загальної частки лучно-степових видів.

Степова ділянка гори Маслятин знаходиться на вершині та у верхній частині її південно-західного схилу. Загальна площа – 0,7 га. Вона включає ділянку степової рослинності у верхній частині схилу з поодинокими деревами ялівця звичайного у комплексі з відслоненнями карбонатних пісковиків. Домінують *Carex humilis*, *Festuca pallens*, *Helictotrichon desertorum*, *Anthericum ramosum*, *Stipa pennata*, *Adonis vernalis*, *Pulsatilla grandis* Wend., *Iris aphylla* L., *Jurinea calcarea* L. та інша степова рослинність. На вершині, на північний схід від степу, знаходиться березовий ліс зі співдомінуванням *Betula klokovii* Zaver., *Beula pendula* Roth без чагарникового ярусу і з густим трав'яним ярусом із світлолюбних видів: *Brachypodium pinnatum*, *Potentilla alba* L., *Anemone sylvestris* L., *Primula veris* L., *Prunella grandiflora*, *Clematis recta* L. [7]. У складі трав'яного ярусу степових ділянок гори Маслятин представлені *Pulsatilla grandis*, *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Asperula cynanchica* L., *Minuartia aucta* Klok., *Alyssum gmelinii* Jord., *Stipa capillata*, *Scabiosa ochroleuca* L., *Sedum maximum* subsp. *ruprechtii*, *Allium montanum* Holub., *Dianthus arenarius* subsp. *pseudoserotinus*, *Pyretrum corymbosum* (L.) Sch.Bip., *Peucedanum oreoselinum* тощо. Упродовж 2017–2018 рр. проведено розчищення від інвазійно-чагарникової рослинності й на цій ділянці, що відобразилося у збільшенні площ, зайнятих популяціями рідкісних видів рослин, які знаходилися у затіненні. Крім того, тут спостерігається зростання щільності популяції *Adonis vernalis*, яка становить по 2–3 особини на 10 м². За даними І. І. Магеровської [5] станом на 2011 рік популяція *Adonis vernalis* на г. Маслятин нараховувала 114 особин, з них j – 3, im – 10, v – 8, g – 93; на г. Страхова – 56 особин, з них j – 1, im – 2, v – 7, g – 46.

За нашими обліками спостерігається значне збільшення кількості особин (табл.) та площ популяцій: на 22% (г. Маслятин) та 27% (г. Страхова).

Таблиця

Вікова структура ценопопуляції *Adonis vernalis* L., що зростає на степових ділянках національного природного парку «Кременецькі гори»

Дата	j		im		v		G		Всього	
	особин	%	особин	%	особин	%	особин	%	особин	%
г. Маслятин (кв. 8 вид 12)										
2013	47	11,5	44	10,8	109	26,8	207	50,9	407	100,0
2014	41	21,9	15	8,0	23	12,3	108	57,8	187	100,0
2015	30	8,0	13	3,5	95	25,3	238	63,3	376	100,0
2016	49	10,1	27	5,5	119	24,4	292	60,0	487	100,0
2017	37	8,3	24	5,4	97	21,7	290	64,7	448	100,0
2018	39	7,5	37	7,2	124	24,0	317	61,3	517	100,0
г. Страхова (кв. 5 вид 20)										
2013	33	21,7	12	7,9	42	27,6	65	42,8	152	100,0
2014	11	14,7	9	12,0	21	28,0	34	45,3	75	100,0
2015	32	19,5	34	20,7	39	23,8	59	36,0	164	100,0
2016	33	19,1	37	21,4	41	23,7	62	35,8	173	100,0
2017	27	14,8	36	19,7	44	24,0	76	41,5	183	100,0
2018	32	15,4	30	14,4	59	28,4	87	41,8	208	100,0

Степова ділянка на г. Соколина. Ділянка на схилі південної експозиції. Площа понад 4 га. Зайнята порушеною лучно-степовою рослинністю. У трав'яному ярусі на освітлених місцях трапляються *Dianthus arenarius* subsp. *pseudoserotinus*, *Trifolium rubens* L., *Anthericum ramosum*, *Poa pratensis* [7]. На цей час проективне покриття трав'яного ярусу складає 60%, зокрема *Chamaecytisus ruthenicus* Klásk. 20%, *Dianthus arenarius* subsp. *pseudoserotinus* 10–15%, *Trifolium rubens* 10–15%, *Carex humilis* 5–10%, *Anthericum ramosum* <5%, *Hypericum perforatum* L. <5%, *Teucrium chamaedrys* L. <1%, *Lamium galeobdolon* (L.) L. <1%.

Степова ділянка на г. Замкова. Вершина г. Замкова зі степовою і лучною рослинністю, відслоненнями карбонатних пісковиків, руїнами замку. Площа 3,3 га. У трав'яному ярусі на освітлених місцях зростають *Helictotrichon desertorum* і *Festuca pallens*, *Minuartia aucta*, *Thymus serpyllum* L., *Verbascum phlomoides* L., *Astragalus onobrychis* L., *Scabiosa ochroleuca* L., *Galium*

verum L., *Arenaria serpyllifolia* L., *Potentilla arenaria* Borkh [7]. Основу трав'яного ярусу утворюють наскельні та лучно-степові види: *Asplenium ruta-muraria* L. 10–15%, *Saxifraga tridactylites* L. 5–10%, *Festuca pallens* 5–10%, *Minuartia aucta* 5–10%, *Potentilla arenaria* Borkh. 5–10%, *Verbascum phlomoides* L. <1%, *Thymus serpyllum* L. <1%, *Thymus serpyllum* L. <1%, *Achillea millefolium* L. <1%, *Alyssum gmelinii* Jord. <1%.

Степова ділянка на г. Дівочі Скелі. Площа 0,64 га. Має вигляд смуги завширшки 15–25 м і завдовжки 290 м. Своєрідні природні умови (строкатий рельєф і мікроклімат) сприяли збереженню ендеміків, рідкісних і реліктових видів рослин – *Helianthemum canum* (L.) Dum., *Alyssum gmelinii* Jord., *Minuartia aucta*, *Allium montanum* Schmidt, *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm., *Asplenium trichomanes* L., *Thymus serpyllum* L., *Galium verum* L., *Festuca rupicola* Heuff., *Scabiosa ochroleuca* L. тощо [7].

Для збереження рідкісних видів, таких як *Helianthemum canum* (L.) Dum., *Dracocephalum austriacum* L., *Stipa capillata*, проведено вирубування більшості чагарників (крім *Cotoneaster melanocarpus* Lodd), які спричиняли випадання названих світлолюбних видів.

Серед основних причин, що призводять до зміни флористичного та ценотичного складу степових екосистем та зменшення чисельності лучно-степових і рідкісних видів рослин, є самозаліснення *Corylus avellana* L. та *Pinus sylvestris* L.; прилеглість до сільськогосподарських угідь території Парку, зокрема степових ділянок г. Страхова, Дівочі скелі; проїзд транспортних засобів лісовими дорогами; поява несанкціонованих місць розведення багаття, засмічення території відпочивальниками, надмірне витоптування, збір рослин та плодів тощо.

Поряд із цим, пропонуємо ряд заходів щодо збереження степових екосистем на території Парку: 1) створення буферних зон, що дасть змогу запобігати розорюванню та будь-якому пошкодженню поверхні ґрунту, проведенню земляних робіт, а також будівництву, у тому числі й рекреаційному, лісотехнічним заходам, хімічним обробкам; 2) сприяння природному відновленню втрачених видів рослин, шляхом періодичного викошування порослі чагарників і високих злаків (г. Дівочі скелі, Замкова, Маслятин); 3) проведення еколого-освітньої роботи з місцевим населенням і рекреантами через виготовлення та реалізацію листівок, буклетів, розроблення інформаційних щитів, проведенням семінарів для підвищення рівня знань та обізнаності вчителів, учнів тощо.

Висновки

Отже, нами досліджено степові ділянки гір Страхова, Маслятин, Дівочі скелі, Замкова, Соколина, які знаходяться у межах національного природного парку «Кременецькі гори» Парку, встановлено флористичний склад рослинного покриву та структуру популяцій рідкісних степантних і пратантних видів. Вирубування чагарників і лісового молодняка є одним із результативних заходів щодо збереження степових екосистем в умовах значного заліснення Кременецьких гір. У результаті проведених активних методів охорони степових екосистем Парку, спостерігається розширення площ степових ділянок, зростання частки степових і лучних видів у травостої та збільшення площ під популяціями окремих рідкісних видів.

1. Глінська С.О. Рідкісні види Кременецького горбогір'я з стабільними змінами ареалів / С.О. Глінська, І.О. Скоропляс. // Навколишнє середовище і здоров'я людини: матеріали міжн. наук. конф. — Кам'янець-Подільський, 2008. — С. 178—180.
2. Заверуха Б. В. Нарис рослинності Кременецьких гір / Б. В. Заверуха // Питання фізіології, цитоембріології і флори України. — К.: Вид-во АН УРСР, 1963 а. — С. 81—104.
3. Заверуха Б. В. Степові ділянки східної частини Волинського Лісостепу / Б. В. Заверуха // Щорічн. Укр. ботан. т-ва. — 1960 г. — Вип. 2. — С. 39—40.
4. Літопис природи національного природного парку «Кременецькі гори» // ТВО «ПАПРУС-К». — 2017. — № 6 — 346 с.
5. Магеровська І. І. Структура ценопопуляцій деяких рідкісних видів рослин Кременецьких гір (філія природного заповідника «Медобори») / І. І. Магеровська // Матер. наук.-практ. конф. «Природозаповідання як основна форма збереження біорізноманіття» (20-21 вересня 2012 року). — Кременець: ТОВ «Папірус-К», 2012 — С. 135—139.

6. Мшанецька Н. В. Рідкісні рослини Кременецьких гір та прилеглих територій // Інтродукція і акліматизація рослин на Волино-Поділлі: Матер. всеукр. наук. конф. — Тернопіль: Вид-во ТДПУ ім. В. Гнатюка, 1999. — С. 83—86.
7. Національний природний парк «Кременецькі гори»: сучасний стан та перспективи збереження, відтворення, використання природних комплексів та історико-культурних традицій [текст]: моногр. / [М.О. Штогрин, О.М. Байрак, Л.П. Царик, В.А. Онищенко та ін.]. — [за ред. М.О. Штогрин, О.М. Байрак]. — К.: ТВО «ВТО Типографія від А до Я», 2017 — 292 с.
8. Онищенко В. А. Лісова рослинність філіалу “Кременецькі гори” природного заповідника “Медобори” // Запов. справа в Україні. — 2002. — 6, Вип. 1. — С. 27—39.
9. Плани заходів щодо збереження популяцій видів флори та фауни, що занесені до Червоної книги України та в міжнародні Червоні переліки, в межах установ природно-заповідного фонду — Харків: ВД «Райдер», 2006. — 160 с.
10. Проект організації території національного природного парку «Кременецькі гори», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів [За ред. Смоляр О.М.] — К., 2016. — 225 с.
11. Фіторізноманіття заповідників і національних природних парків України. Ч.1. Біосферні заповідники. Природні заповідники / Колектив авторів під ред. В.А. Онищенка і Т.Л. Андрієнко. — Київ: Фітосоціоцентр, 2012. — 406 с.
12. Червона книга України. Рослинний світ/ за ред. Я. П. Дідуха — К.: Глобалкнсалтинг, 2009. — 900 с.
13. Чубата Т., Бойко С. Рідкісні види флори Кременецьких гір // Роль природно-заповідних територій Західного Поділля та Юри Ойцовської у збереженні біологічного та ландшафтного різноманіття. Збірник наукових праць. — Гримайлів, 2003. — 415—419 с.
14. Штогрин М. О. Відтворення корінних насаджень в національному природному парку «Кременецькі гори» / М. О. Штогрин // Матеріали I-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічний контроль і моніторинг стану дубових лісів Поділля та особливості їх природного відновлення» (20-22 травня 2015 року). — Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2015. — С. 91—98.
15. Catalogue of Life [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://www.catalogueoflife.org/>.

References

1. Hlins'ka S.O. Ridkisini vydy Kremenets'koho horbohri'ia z stabil'nymy zminamy arealiv / S.O. Hlins'ka, I. O. Skoropias. // Navkolyshnie seredovyshche i zdorov'ia liudyny: materialy mizhn. nauk. konf. — Kam'ianets'-Podil's'kyu, 2008. — S. 178—180. (in Ukrainian).
2. Zaverukha B. V. Narys roslynnosti Kremenets'kykh hir / B. V. Zaverukha // Pytannia fiziologii, tsytoembriologii i flory Ukrainy. — K.: Vyd-vo AN URSSR, 1963 a. — S. 81—104. (in Ukrainian).
3. Zaverukha B. V. Stepovi dilianky skhidnoi chastyny Volyns'koho Lisostepu / B. V. Zaverukha // Shchorichn. Ukr. botan. t-va. — 1960 h. — Vyp. 2. — S. 39—40. (in Ukrainian).
4. Litopys pryrody natsional'noho pryrodnoho parku «Kremenets'ki hory» // TVO «PAPIRUS-K». — 2017. — No 6 — 346 s. (in Ukrainian).
5. Maherovs'ka I. I. Struktura tsenopopuliatsiy deiakykh ridkisnykh vydiv roslyn Kremenets'kykh hir (filiia pryrodnoho zapovidnyka «Medobory») / I. I. Maherovs'ka // Materialy naukovy-praktychnoi konferentsii «Pryrodozapovidannia iak osnovna forma zberezhenia bioriznomanittia» (20-21 veresnia 2012 roku). — Kremenets':TOV «Papyrus-K», 2012 — S. 135—139. (in Ukrainian).
6. Mshanets'ka N. V. Ridkisini roslyny Kremenets'kykh hir ta prylehlykh terytoriy // Introduktsiia i aklimatyzatsiia roslyn na Volyno-Podilli: Mat-ly vseukrains'koi naukovo konferentsii. — Ternopil': Vyd-vo TDPU im. V.Hnatiuka, 1999. — S. 83—86. (in Ukrainian).
7. Natsional'nyy pryrodnyy park «Kremenets'ki hory»: suchasnyy stan ta perspektyvy zberezhenia, vidtvorennia, vykorystannia pryrodnych kompleksiv ta istoryko-kul'turnykh tradytsiy [tekst]: monohr. / [M.O. Shtohryn, O.M. Bayrak, L.P. Tsaryk, V.A. Onyshchenko ta in.]. — [za red. M.O. Shtohryna, O.M. Bayrak]. — K.: TVO «VTO Typohrafiia vid A do Ya», 2017 — 292 s. (in Ukrainian).
8. Onyshchenko V. A. Lisova roslynnist' filialu “Kremenets'ki hory” pryrodnoho zapovidnyka “Medobory” // Zapov. справа v Ukraini. — 2002. — 6, Vyp. 1. — S. 27—39. (in Ukrainian).
9. Plany zakhodiv shchodo zberezhenia populiatsiy vydiv flory ta fauny, shcho zaneseni do Chervonoj knyhy Ukrainy ta v mizhnarodni Chervoni pereliky, v mezhakh ustanov pryrodno-zapovidnoho fondu — Kharkiv: VD «Rayder», 2006. — 160 s. (in Ukrainian).
10. Proekt orhanizatsii terytorii natsional'noho pryrodnoho parku «Kremenets'ki hory», okhorony, vidtvorennia ta rekreatsijnoho vykorystannia yoho pryrodnykh kompleksiv i ob'iektiv [Za red. Smoliar O. M.] — K., 2016. — 225 s. (in Ukrainian).

11. Fitoriznomanittia zapovidnykiv i natsional'nykh pryrodnykh parkiv Ukrainy. Ch.1. Biosferni zapovidnyky. Pryrodni zapovidnyky / Kolektiv avtoriv pid red. V.A. Onyshchenka i T.L. Andriienko. — Kyiv: Fitosotsiotsentr, 2012. — 406 s. (in Ukrainian).
12. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnnyy svit/ za red. Ya. P. Didukha — K.: Hlobalknsal'tynh, 2009. — 900 s. (In Ukrainian).
13. Chubata T., Boyko S. Ridkisini vydy flory Kremenets'kykh hir // Rol' pryrodno-zapovidnykh terytoriy Zakhidnoho Podillia ta Yury Oytsovs'koi u zberezheni biolohichnoho ta landshaftnoho riznomanittia. Zbirnyk naukovykh prats'. — Hrymayliv, 2003. — 415—419 s. (in Ukrainian).
14. Shtohryn M. O. Vidtvorennia korinnykh nasadzen' v natsional'nomu pryrodnomu parku «Kremenets'ki hory» / M. O. Shtohryn // Materialy I-oi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ekolohichnyy kontrol' i monitorynh stanu dubovykh lisiv Podillia ta osoblyvosti ikh pryrodnoho vidnovlennia» (20-22 travnia 2015 roku). — Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu., 2015. — S. 91—98. (in Ukrainian).
15. Catalogue of Life [Elektronnyy resurs] — Rezhym dostupu do resursu: <http://www.catalogueoflife.org/>.

M. Shtogrin, L. Onuk, A. Shtogun, I. Bobrik
 National Natural Park "Kremenets Mountains", Ukraine
 Kremenets Botanical Garden, Ukraine

STEPPE ECOSYSTEM OF THE NATIONAL NATURE PARK "KREMENETS MOUNTAINS", SAVING AND REPRODUCING

Steppe areas of the National Natural Park "Kremenets Mountains" occupy the minimum area in open hills and rocky niches, so the priority tasks are the protection of unique steppe ecosystems.

Reproduction of steppe areas is one of the tasks aimed at preserving the diversity of steppe and petrophytic flora, the structure of cenoses in the steppe regions, as well as the habitats of rare steppe plants.

The work is based on field research materials conducted during 2012-2018 on the territory of the National Natural Park "Kremenets Mountains". In the course of research, literary data and geobotanical studies of the Strahov, Vovcha, Sokolina, Maiden cliffs and Zamkov mountains have been processed, flora and phytocenotic features of steppe and meadow-steppe phyto groups, the state and structure of rare species populations have been described.

Characterized by the laws of distribution of steppe and meadow-steppe species of plants on the territory of the National Nature Park "Kremenets Mountains". The influence of natural conditions is described, factors which contribute to the decrease in the number of populations of these species are determined. The measures on preservation and reproduction of steppe ecosystems, preservation of the diversity of steppe and petrophytic flora, and the structure of the cenosis of the steppe regions are presented. The age structure of *Adonis vernalis* L., which grows on the Malyatyn and Vovchyna rivers, is studied.

In order to preserve the populations of the listed rare steppe plant species, active measures have been taken within the framework of the National Natural Park "Kremenets Mountains", which consists in reducing the anthropogenic impact and restoring the settlement of rare species. According to the Territory Management Project, the state of afforestation of steppe areas is monitored, shrubs, undergrowth of trees and invasive herbaceous plants (in particular, *Solidago canadensis* L.) are cleared with which the steppe areas spontaneously grow; some measures are taken to increase the number of rare plants (repatriation).

This will promote the expansion of steppe areas, the increase of the proportion of steppe and meadow species in the grassland and increase the area under the populations of individual rare species.

Key words: National Nature Park "Kremenets Mountains", steppe and meadow-steppe plant species, endemics, relict species

Надійшла 24.01.2019.

ІХТІОЛОГІЯ

УДК 597.541

doi:10.25128/2078-2357.19.1.13

К.М. ГЕЙНА

Інститут рибного господарства НААН України
вул. Обухівська, 135, Київ, 03164
e-mail: geina_k@ukr.net

МОРФО-БІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПУЗАНКА ДНІПРОВСЬКО-БУЗЬКОЇ ГИРЛОВОЇ СИСТЕМИ

В статті представлена інформація щодо сучасного біологічного стану промислового стада пузанка (*Alosa caspia tanaica*, G., 1901) Дніпровсько-Бузької гирлової системи. Проаналізовані меристичні, пластичні ознаки, визначені статевий диморфізм та динаміка структурних характеристик стада.

Ключові слова: Дніпровсько-Бузька гирлова система, пузанок, пластичні, меристичні ознаки, структура стада

Вступ. Зарегулювання стоку Дніпра призвело до змін водного режиму Дніпровсько-Бузької гирлової системи, що негативно відобразилося на умовах існування гідробіонтів у тому числі і риб. В результаті відбувся структурний перерозподіл промислових уловів. Якщо до побудови Каховської ГЕС частка напівпрохідних та місцевих риб у загальному вилові в пониззі Дніпра перевищувала 80%, то в умовах сьогодення найбільшу питому вагу має малоцінна тюлька – біля 80% [1].

На фоні погіршення якісного складу іхтіофауни в пониззі Дніпра виникла нагальна необхідність пошуку нових резервів для рибного господарства регіону, зокрема цінних у харчовому відношенні об'єктів промислу, запаси яких дозволяють збільшити обсяги вилову.

Одним з таких об'єктів є чорноморсько-азовський пузанок *Alosa caspia tanaica* (Grimm, 1901), який заходить з Чорного моря у водойми Дніпровсько-Бузької гирлової системи для відтворення та нагулу. Відповідними науковими напрацюваннями встановлено, що він є відособленою частиною стада дунайського пузанка, який мешкає у північно-західній частині Чорного моря [2].

Біологію пузанка Дніпровсько-Бузького лиману вивчали різні автори [3–6]. Вони вказують на терміни нерестової міграції пузанка, описують місця відтворення, їх характеристики, температурні межі нересту, лінійно-вагові характеристики, статеве співвідношення, плодючість та інші. Відомості щодо розмірно-вікового складу у певні роки були досить протиречними. В той же час біологія та умови відтворення пузанка у водоймах дельти Дніпра практично не вивчалися.

Дослідженнями було встановлено, що в межах Дніпровсько-Бузької гирлової системи відмічається наявність двох форм пузанків, так зване «річкове стадо» та «лиманське стадо». Відрізняються вони за деякими меристичними та пластичними ознаками, а також певними особливостями біології. У подальших дослідженнях різницю за деякими ознаками між зрівнюваними групами пузанків фахівці пояснюють більшою пластичністю оселдцевих і

об'єднують вищевказані форми в одне стадо пузанка Дніпровсько-Бузької естуарної системи [7–9].

Всі означені вище напрацювання відносилися до 50–60-х років минулого століття. Сучасна інформація щодо біологічних характеристик пузанка Дніпровсько-Бузької гирлової системи у доступних літературних джерелах є обмеженою, що і спонукало до проведення відповідного обсягу дослідницьких робіт на сучасному етапі.

Матеріал і методи досліджень

В роботі використано іхтіологічний матеріал, який збирався під час роботи контрольно-спостережних пунктів Інституту рибного господарства НААН України, які щорічно функціонували на акваторії Дніпровсько-Бузької гирлової системи. Польова та камеральна обробка зразків виконувалася у відповідності до загальноновизнаних в практиці іхтіологічних досліджень методик та керівництв [10–13]. Математичний аналіз отриманих результатів здійснено за [14–15].

Результати досліджень та їх обговорення

У пузанка, який мігрує для відтворення у Дніпровсько-Бузьку гирлову систему меристичні ознаки є наступними: D – III-V ($M=3,44\pm 0,09$) 12–15 ($M=13,24\pm 0,10$); A – II-IV ($M=3,00\pm 0,09$) 16–20 ($M=18,04\pm 0,14$); P – 12–16 ($M=14,24\pm 0,21$); V – 8–9 ($M=8,60\pm 0,07$); C II 19–24 ($M=21,82\pm 0,16$); черевних шипиків 30–34 ($M=31,74\pm 0,17$).

Тіло видовжене, відносно невисоке ($H=22,64\pm 0,20\%$; $lim=19,86-25,33\%$), дещо сплюснене з боків ($iH=9,47\pm 0,110\%$; $lim=7,63-10,67\%$). Дорсальний плавець розпочинається до середини поздовжньої осі тіла – $aD=45,82\pm 0,26\%$ і не заходить за неї навіть при максимальних відхиленнях ознаки - $lim=19,86-25,33\%$.

Анальний плавець з довжиною $IA=15,42\pm 0,18\%$ та висотою $hA=5,71\pm 0,14\%$ розташовується на відстані, яка змінюється в межах від 66,89 до 74,50% довжини тіла (Lc), а в середньому становить $69,81\pm 0,30\%$.

Черевні плавці розміщені дещо позаду від вертикалі початку основи спинного плавця – $aV=48,36\pm 0,20\%$ ($lim=46,28-51,68\%$). Відстань до анального плавця становить $VA=22,61\pm 0,17\%$ ($lim=19,85-24,39\%$), а до грудних – $PV=23,63\pm 0,20\%$ ($lim=20,61-26,85\%$). Грудні плавці є набагато довшими за черевні – відповідно $IP=15,44\pm 0,20\%$ та $IV=9,87\pm 0,10\%$ при варіабельності ознак $Cv=5,80-7,27\%$.

При довжині голови, яка дорівнює $25,69\pm 0,23\%$, висота є досить мінливою ознакою і варіює в межах від 51,35 до 78,38%, в середньому становить $68,68\pm 1,17\%$. Лоб не широкий $lo=17,39\pm 0,26\%$ ($lim=13,89-20,59\%$), очі великі $do=22,59\pm 0,30\%$ ($lim=18,92-25,71\%$). Рило є коротшим за довжину позаокового простору – $ar=28,07\pm 0,23\%$ та $rc=49,21\pm 0,96\%$. При цьому мінливість (Cv) становила відповідно 5,84 та 13,72%.

Варіабельність пластичних ознак пузанка обумовлювалася головним чином присутністю у стаді статевого диморфізму. У розміщенні анального плавця достовірної різниці не зафіксовано, проте у самиць він набагато нижчий, ніж у самців – $Mdif$ становить 10,80 (табл. 1).

Спинний плавець самців є більш зміщеним у каудальному напрямку ($Mdif=8,38$). Також він коротший ($Mdif=5,55$) та нижчий ($Mdif=3,36$). Помічена також достовірна різниця у пектровентральній відстані ($Mdif=4,29$), довжині грудних плавців ($Mdif=3,05$) та хвостового стебла ($Mdif=9,78$).

Аналіз пластичних ознак відділу голови у пузанків вказав на те, що за довжиною голови достовірної різниці не виявлено, проте у співвідношенні інших ознак існують відмінності за більшістю ознак. Голова у самців є набагато вищою ($Mdif=11,25$). Також у них більший діаметр ока ($Mdif=4,66$), довжина риля ($Mdif=3,15$) та позаокова відстань ($Mdif=6,14$). При цьому за шириною лоба достовірної різниці між самцями та самицями не виявлено.

Динаміка середнього віку пузанка вказує на поступове відновлення чисельності стада. Протягом 2006-2015 рр. він збільшився від 2,40 р. до 2,63–2,68 р. (рис. 1).

Аналіз статевого диморфізму пузанка Дніпровсько-Бузької гирлової системи

Ознака	Самиці, n=25		Самці, n=25		Mdif
	M	±m	M	±m	
Lc, см	13,78	0,29	14,31	0,15	1,61
У % до Lc					
l cor	70,16	0,25	72,59	0,43	4,86
H	23,06	0,32	22,22	0,24	2,13
h	7,22	0,06	6,69	0,08	5,08
iH	9,76	0,13	9,19	0,16	2,77
aD	44,42	0,23	47,21	0,24	8,38
p D	41,31	0,26	41,16	0,28	0,38
a P	24,59	0,20	25,31	0,16	2,81
a V	48,39	0,38	48,34	0,13	0,13
a A	69,67	0,55	69,95	0,27	0,47
P V	24,38	0,25	22,88	0,25	4,29
V A	23,05	0,22	22,16	0,24	2,75
l - D	13,50	0,13	12,56	0,11	5,55
h - D	12,93	0,09	12,33	0,15	3,36
l - A	14,92	0,31	15,91	0,15	2,90
h - A	4,85	0,12	6,56	0,10	10,80
l - P	15,08	0,20	15,79	0,12	3,05
l - V	10,12	0,16	9,63	0,11	2,58
p - l	11,43	0,09	13,78	0,22	9,78
l c	26,06	0,41	25,31	0,16	1,69
У % до lс					
a r	27,39	0,40	28,74	0,15	3,15
d o	21,41	0,45	23,77	0,24	4,66
p c	44,77	1,39	53,64	0,40	6,14
h c	61,69	1,19	75,68	0,37	11,25
I o	17,09	0,25	17,70	0,45	1,18

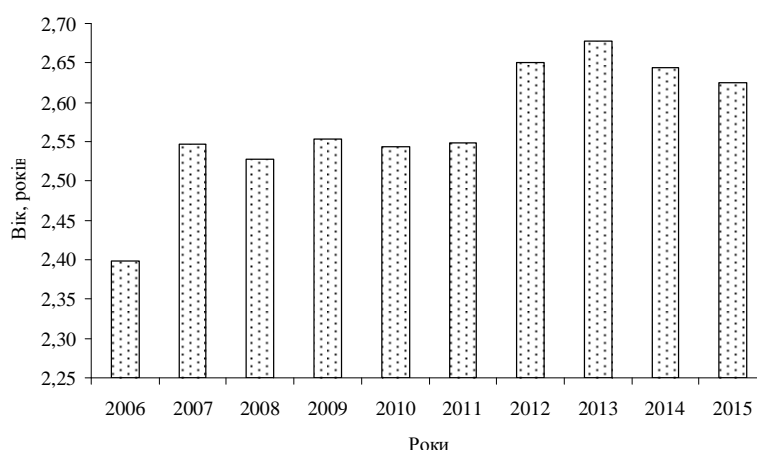


Рис. 1. Динаміка середнього виваженого віку стада пузанка Дніпровсько-Бузької гирлової системи

Представлена динаміка змін обумовлювалася розширенням вікового ряду за рахунок старших вікових груп. На початку розглянутого періоду до 94,3% чисельності стада було представлено дворічками та трірічками. У послідовні роки помічено збільшення чисельності чотирирічок (з 5,7 до 11,2%) та п'ятирічок – до 6,4–6,8% загальної чисельності стада (табл. 2).

Таблиця 2

Вікова структура пузанка Дніпровсько-Бузької гирлової системи, питома вага у загальній кількості, %

Роки	Вік, років				екз
	2	3	4	5	
2006	65,9	28,4	5,7	-	290
2007	60,8	23,7	15,5	-	410
2008	56,3	34,6	9,1	-	440
2009	61,2	22,3	16,5	-	516
2010	60,5	26,7	10,7	2,1	581
2011	57,6	31,4	9,6	1,4	316
2012	53,1	32,4	10,8	3,7	350
2013	55,8	27,1	10,7	6,4	425
2014	58,4	25,6	9,2	6,8	385
2015	57,3	27,2	11,2	4,3	365

Представлена інформація вказує на те, що частка поповнення (дворічки) поступово зменшувалася з 65,9 до 57,3%, проте у трирічок була відносно стабільною. При цьому важливо наголосити, що в модальних групах статеве співвідношення було найбільш оптимальним (табл. 3).

Таблиця 3

Статеву структуру стада пузанка Дніпровсько-Бузької гирлової системи (осереднені дані 2006-2015 рр., %)

Вік, років	Самиці		Самці		Співвідношення ♀:♂
	екз	%	екз	%	
2	1365	57,0	1029	43,0	1:0,75
3	699	62,0	429	38,0	1:0,61
4	347	75,9	110	24,1	1:0,32
5	89	89,9	10	10,1	1:0,11
Загалом	2500	61,3	1578	38,7	1:0,63

З наведених даних достатньо очевидним є те, що оптимальну чисельність пузанка підтримують переважно дві вікові групи – дворічки та трирічки, які забезпечують відтворювальну здатність стада в цілому.

Темп росту пузанка відрізнявся певною інтенсивністю. Лінійні розміри в залежності від віку змінювалися в межах від 10,82±0,17 см (lim=9,9–11,5 см) у дворічок до 22,2±0,14 см (lim=21,8–22,7 см) у п'ятирічок. Темп росту маси тіла був більш інтенсивним, що залежало від статевої структури та характеру дозрівання плідників. Середня маса зростала від 14,2±0,64 г (lim=10–16 г) у дворічок до 142±2,57 г (lim=134–151 г) у п'ятирічок.

Мінливість характеристик росту пузанка знижується зі збільшенням віку. При цьому варіабельність довжини була набагато нижчою, ніж маси тіла, що обумовлювало динаміку вікових змін вгодованості (рис. 2).

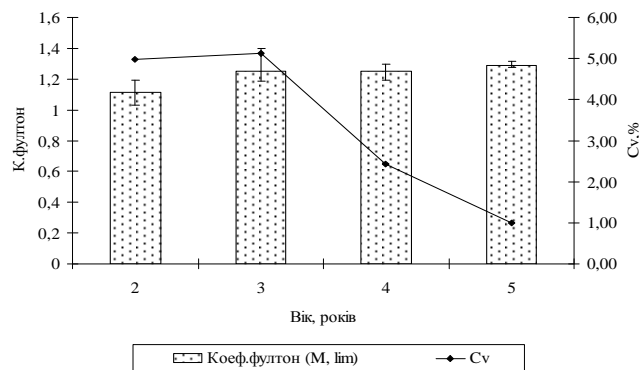


Рис. 2. Динаміка вікових змін вгодованості пузанка Дніпровсько-Бузької гирлової системи, осереднені дані за 2006–2015 рр.

Представлена інформація рисунку 2 вказує на те, що абсолютні показники вгодованості за віковими групами є відносно однорідними, проте відмічається незначне їх зростання зі збільшенням віку від $1,11 \pm 0,02$ ($\text{lim}=1,03-1,19$) у дворічок до $1,29 \pm 0,01$ ($\text{lim}=1,26-1,31$) у п'ятирічок.

Висновки

Аналіз головних біологічних характеристик пузанка, який мігрує до Дніпровсько-Бузької гирлової системи вказує на задовільний стан стада в цілому з позитивними тенденціями вікової структури. Проте відмічене останніми роками зростання частки старших вікових груп обумовлює впровадження певних заходів щодо оптимізації їх чисельності.

1. Екологічні трансформації річкових гідроєкосистем та актуальні проблеми рибного господарства / І.М. Шерман, К.М. Гейна, С.В. Кутіщев, П.С. Кутіщев // Рибогосподарська наука України. — 2013. - № 4. — С. 5—16.
2. Световидов А.Н. Сельдевые (Clupeidae) // Фауна СССР. Рыбы. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1952. -2, Вып. 1. — 331 с.
3. Залевский С.В. Биология и промысел пузанка Днепроовско-Бугского лимана (*Alosa caspia nordmanni* Antipa) // Автореф.дис...канд.биол.наук. — Киев, 1955. — 15 с.
4. Залевский С.В. О морфологических и биологических особенностях пузанка Днепроовско-Бугского лимана // Зоол.журн. — Т. 32. — Вып. 8. — 1958. — С. 1195—1198.
5. Залевский С.В. О плодовитости пузанка *Alosa caspia nordmanni* Antipa // Вопр.ихтиологии, 1960. — Вып.14. — С. 81—86.
6. Владимиров В.И. Условия размножения рыб в нижнем Днепре и Каховское гидростроительство. — К.: Изд-во АН УССР, 1955. — 148 с.
7. Павлов П.И. Оселедцеві роду *Alosa* північно-західної частини Чорного моря. — К.: Вид-во АН УРСР, 1959. — 252 с.
8. Павлов П.И. Современное состояние запасов промысловых рыб нижнего Днепра и Днепроовско-Бугского лимана и их охрана. — Киев, 1964. Рукопись деп. в ВИНТИ, №27-64 деп. — 268 с.
9. Щербуха А.Я. Морфологічні властивості пузанка *Alosa caspia tanaika* nation nordmanni Antipa з пониззя Південного Бугу // Біологія та морфологія риб та санітарно-біологічний режим прісних водойм України. — К.:Наукова думка, 1966. — С. 156—159.
10. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 375 с.
11. Брюзгин В.Л. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. — Киев: Наукова думка, 1969. — 187 с.
12. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. — М., — 1959. — 164 с.
13. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилучення риб з великих водосховищ і лиманів України. — К.: ІРГ УААН, 1998. — 47 с.
14. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. — М.: Изд-во МГУ, 1980. — 150с.
15. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. — М.: Пищевая промышленность, 1968. — 289 с.

References

1. Ekologichni transformatsii richkovykh hidroekosystem ta aktual'ni problemy rybnogo hospodarstva / I.M. Sherman, K.M. Heyna, S.V. Kutishchev, P.S. Kutishchev // Rybohospodars'ka nauka Ukrainy. — 2013. - No 4. — S. 5—16. (in Ukrainian).
2. Svetovidov A.N. Sel'devye (Clupeidae) // Fauna SSSR. Ryby. — M. — L.: Izd-vo AN SSSR, 1952. -2, Вып. 1. — 331 s. (in Russian).
3. Zalevskiy S.V. Biologiya i promysel puzanka Dneprovsko-Bugskogo limana (*Alosa caspia nordmanni* Antipa) // Avtoref.dis...kand.biol.nauk. — Kiev, 1955. — 15 s. (in Russian).
4. Zalevskiy S.V. O morfoologicheskikh i biologicheskikh osobennostiakh puzanka Dneprovsko-Bugskogo limana // Zool.zhurn. — T. 32. — Вып. 8. — 1958. — S. 1195—1198. (in Russian).
5. Zalevskiy S.V. O plodovitosti puzanka *Alosa caspia nordmanni* Antipa // Vopr.ikhtiologii, 1960. — Вып.14. — S. 81—86. (in Russian).
6. Vladimirov V.I. Usloviia razmnozheniia ryb v nizhnem Dnepre i Kakhovskoe gidrostroitel'stvo. — K.: Izd-vo AN USSR, 1955. — 148 s. (in Russian).
7. Pavlov P.Y. Oseledtsevi rodu *Alosa* pivnichno-zakhidnoi chastyny Chornoho moria. — K.: Vyd-vo AN URSR, 1959. — 252 s. (in Ukrainian).
8. Pavlov P.I. Sovremennoe sostoianie zapasov promyslovykh ryb nizhnego Dnepra i Dneprovsko-Bugskogo limana i ikh okhrana. — Kiev, 1964. Rukopis' dep. v VINITI, No27-64 dep. — 268 s. (in Russian).

9. Shcherbukha A.Ya. Morfolohichni vlastyvoli puzanka *Alosa caspia* tanaika nation nordmanni Antipa z ponyzzia Pivdennoho Buhu // Biolohiia ta morfolohiia ryb ta sanitarno-biolohichnyy rezhym prisnykh vodoym Ukrainy. — K.: Naukova dumka, 1966. — S. 156—159. (in Ukrainian).
10. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniiu ryb. — M.: Pishchevaia promyshlennost', 1966. — 375 s. (in Russian).
11. Briuzgin V.L. Metody izucheniia rosta ryb po cheshue, kostiam i otolitam. — Kiev: Naukova dumka, 1969. — 187 s. (in Russian).
12. Chugunova N.I. Rukovodstvo po izucheniiu vozrasta i rosta ryb. — M., — 1959. — 164 s. (in Russian).
13. Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnykh materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy. — K.: IRH UAAN, 1998. — 47 s. (in Ukrainian).
14. Plokhinskiy N.A. Algoritmy biometrii. — M.: Izd-vo MGU, 1980. — 150s. (in Russian).
15. Aksiutina Z.M. Elementy matematicheskoy otsenki rezul'tatov nabliudeniy v biologicheskikh i rybokhoziaystvennykh issledovaniiah. — M.: Pishchevaia promyshlennost', 1968. — 289 s. (in Russian).

K.N. Geina

Institute of Fisheries NAAS Ukraine

MORPHO-BIOLOGICAL PUSA CHARACTERISTICS OF THE DNEPR-BUG STOCK SYSTEM

The article provides information on the current biological status of the commercial herds of the Puzanka (*Alosa caspia* tanaica, G., 1901) Dnieper-Bug estuary system. Meristic, plastic signs are analyzed, sexual dimorphism and structural characteristics of the herd are determined.

Key words: Dnieper-Bug estuary system, puzanov, plastic, meristic features, herd structure

Надійшла 23.01.2019.

УДК: 556.53 : (597.551.2+ 597.556.33 + 597.552.1) : 546.302 doi:10.25128/2078-2357.19.1.14

Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: bohdan.lyavrin@gmail.com

ВМІСТ ФЕРУМУ, МАНГАНУ, КОБАЛЬТУ, ЦИНКУ ТА КУПРУМУ В ОРГАНІЗМІ РИБ ІЗ РІЧОК СЕРЕТ, СТРИПА І ЗОЛОТА ЛИПА

У роботі досліджено вміст окремих металів у тканинах коропа, карася, окуня та шуки із малих річок Західного Поділля. Показано, що для різних металів існують специфічні закономірності накопичення в різних тканинах організму. Проте, загальними тенденціями, які визначають клітинні трансформації у риб, є: тканинно-специфічна локалізація клітин, що пов'язано з їх морфологією, хімічним складом та мембранною активністю; хімічна активність іону металу, особливо комплексоутворююча здатність із білками та низькомолекулярними метаболітами; концентрація іонів, яка впливає на загальний іонний гомеостаз в організмі. Відмічено також міжвидові відмінності тканин риб у накопиченні досліджених металів.

Ключові слова: Ферум, Манган, Кобальт, Цинк, Купрум, акумулювання, риби, малі річки

Проблема використання і ресурсозбереження прісних вод і водних екосистем є однією з найбільш актуальних в умовах інтенсивного антропогенного навантаження на довкілля. Спостереження останніх років свідчать про те, що гідрохімічний режим прісних водойм, який визначає якість води в них, тісно пов'язаний з концентрацією іонів металів [7].

Важкі метали, які надходять у довкілля із антропогенних джерел забруднення, суттєво впливають на стан водних екосистем. Це проявляється у збільшенні їх вмісту в воді, донних

9. Shcherbukha A.Ya. Morfolohichni vlastyvoli puzanka *Alosa caspia* tanaika nation nordmanni Antipa z ponyzzia Pivdennoho Buhu // Biolohiia ta morfolohiia ryb ta sanitarno-biolohichnyy rezhym prisnykh vodoym Ukrainy. — K.: Naukova dumka, 1966. — S. 156—159. (in Ukrainian).
10. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniiu ryb. — M.: Pishchevaia promyshlennost', 1966. — 375 s. (in Russian).
11. Briuzgin V.L. Metody izucheniiia rosta ryb po cheshue, kostiam i otolitam. — Kiev: Naukova dumka, 1969. — 187 s. (in Russian).
12. Chugunova N.I. Rukovodstvo po izucheniiu vozrasta i rosta ryb. — M., — 1959. — 164 s. (in Russian).
13. Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnykh materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy. — K.: IRH UAAN, 1998. — 47 s. (in Ukrainian).
14. Plokhinskiy N.A. Algoritmy biometrii. — M.: Izd-vo MGU, 1980. — 150s. (in Russian).
15. Aksiutina Z.M. Elementy matematicheskoy otsenki rezul'tatov nabliudeniy v biologicheskikh i rybokhoziaystvennykh issledovaniiah. — M.: Pishchevaia promyshlennost', 1968. — 289 s. (in Russian).

K.N. Geina

Institute of Fisheries NAAS Ukraine

MORPHO-BIOLOGICAL PUSA CHARACTERISTICS OF THE DNEPR-BUG STOCK SYSTEM

The article provides information on the current biological status of the commercial herds of the Puzanka (*Alosa caspia* tanaica, G., 1901) Dnieper-Bug estuary system. Meristic, plastic signs are analyzed, sexual dimorphism and structural characteristics of the herd are determined.

Key words: Dnieper-Bug estuary system, puzanov, plastic, meristic features, herd structure

Надійшла 23.01.2019.

УДК: 556.53 : (597.551.2+ 597.556.33 + 597.552.1) : 546.302 doi:10.25128/2078-2357.19.1.14

Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: bohdan.lyavrin@gmail.com

ВМІСТ ФЕРУМУ, МАНГАНУ, КОБАЛЬТУ, ЦИНКУ ТА КУПРУМУ В ОРГАНІЗМІ РИБ ІЗ РІЧОК СЕРЕТ, СТРИПА І ЗОЛОТА ЛИПА

У роботі досліджено вміст окремих металів у тканинах коропа, карася, окуня та шуки із малих річок Західного Поділля. Показано, що для різних металів існують специфічні закономірності накопичення в різних тканинах організму. Проте, загальними тенденціями, які визначають клітинні трансформації у риб, є: тканинно-специфічна локалізація клітин, що пов'язано з їх морфологією, хімічним складом та мембранною активністю; хімічна активність іону металу, особливо комплексоутворююча здатність із білками та низькомолекулярними метаболітами; концентрація іонів, яка впливає на загальний іонний гомеостаз в організмі. Відмічено також міжвидові відмінності тканин риб у накопиченні досліджених металів.

Ключові слова: Ферум, Манган, Кобальт, Цинк, Купрум, акумулювання, риби, малі річки

Проблема використання і ресурсозбереження прісних вод і водних екосистем є однією з найбільш актуальних в умовах інтенсивного антропогенного навантаження на довкілля. Спостереження останніх років свідчать про те, що гідрохімічний режим прісних водойм, який визначає якість води в них, тісно пов'язаний з концентрацією іонів металів [7].

Важкі метали, які надходять у довкілля із антропогенних джерел забруднення, суттєво впливають на стан водних екосистем. Це проявляється у збільшенні їх вмісту в воді, донних

відкладах та біоті, що призводить до зниження продуктивності водних екосистем та до потенціальної небезпеки для людини.

Сказаним зумовлено теоретичний і практичний інтерес до вивчення особливостей накопичення металів в органах і тканинах риб, які є важливою ланкою водних екосистем [9, 17].

Основна частина металів потрапляє в організм риб двома головними шляхами — через шлунково-кишковий тракт та зябра, між якими існує чітка взаємодія щодо регуляції кількості надходження металів в організм [14]. Дані особливості обумовлюють різну спорідненість окремих тканин до того чи іншого металу, а отже і різну здатність до їх акумуляції.

Молекулярні механізми їх надходження ще недостатньо вивчені. Відомо тільки, що в загальному проникнення іонів важких металів в організм риб включає чотири етапи:

- зв'язування із слизовим епітелієм;
- транспорт через апікальну мембрану, який, як вважають, здійснюється шляхом дифузії;
- проникнення металу через базолатеральну мембрану, на рівні якої проходить регуляція надходження і яке, в основному, здійснюється з допомогою активного транспорту;
- транспортування металів током крові у зв'язаній з протеїнами та пептидами формі до всіх частин тіла [15].

Виходячи із вищесказаного, актуальним є дослідження закономірностей накопичення та тканинного розподілу металів в організмі різних видів риб. Експериментальні дані свідчать про те, що поглинальна здатність тканин риб різна в силу їх функціональних та морфологічних особливостей, а також різних фізико-хімічних властивостей самих металів [18].

Матеріал і методи досліджень

Об'єктами дослідження були короп лускатий – *Cyprinus carpio* L., карась сріблястий – *Carassius gibelio* Bloch, окунь звичайний – *Perca fluviatilis* L. та щука звичайна – *Esox lucius* L. Для дослідження відбирали риб масою 290–330 г, 150–230 г, 170–230 г та 300–350 г відповідно, яких відловлювали з річок Серет, Стрипа та Золота Липа, котрі належать до басейну Дністра. Досліджували тканини зябер, передньої долі печінки та білих м'язів спини. Для визначення вмісту металів в тканинах останні спалювали в нітратній кислоті у співвідношенні 1:5 (маса:об'єм). Вміст зазначених металів визначали на атомно абсорбційному спектрофотометрі С-115 і виражали в міліграмах на кілограм вологої маси.

Результати досліджень були статистично опрацьовані з використанням стандартного пакету програм Microsoft Office 2013, та t-критерію Стьюдента для визначення достовірної різниці ($p < 0,05$) [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Усі досліджувані нами метали є хімічними елементами, які відіграють важливу роль у багатьох фізіологічних процесах, що проходять в живих організмах, включно і у риб. При цьому кожен із них має свої індивідуальні особливості.

Ферум є металом, особливо важливим для життєдіяльності як рослинних, так і тваринних організмів. Цей метал міститься в організмі тварин в складі важливих дихальних білків — гемоглобіну і міоглобіну. До дихальних ферментів, які містять Ферум, відносять і низку біологічних каталізаторів, які беруть активну участь в перенесенні електронів в ланцюгу окисно-відновних реакцій і лежать в основі тканинного дихання (металофлавопротеїди, ферменти цитохромної системи та ін.) [13].

Із отриманих даних видно, що найвищий вміст Феруму відмічено в печінці коропа з р. Стрипа (рис. 2). У цьому ж органі коропа з р. Серет міститься Феруму менше на 23,1%, а у цього ж виду риб вилонених в р. Золота Липа на 37,6%. Найнижча концентрація цього металу знайдена в м'язах у окуня з р. Золота Липа. Майже на такому ж рівні вона і у окуня, вилоненого в р. Стрипа, і на 52,5% вища у особин цього виду з р. Серет. Досить високий вміст Феруму виявлений в печінці у карася з р. Серет, який рівний вмісту цього металу в печінці коропа з цієї ж річки. За цим показником короп і карась майже вдвічі перевищують окуня та втричі щуку. Хоча в печінці окуня з р. Стрипа Феруму вдвічі більше, ніж у особин цього виду з р. Серет та в 3,6 рази більше, ніж у окуня з р. Золота Липа.

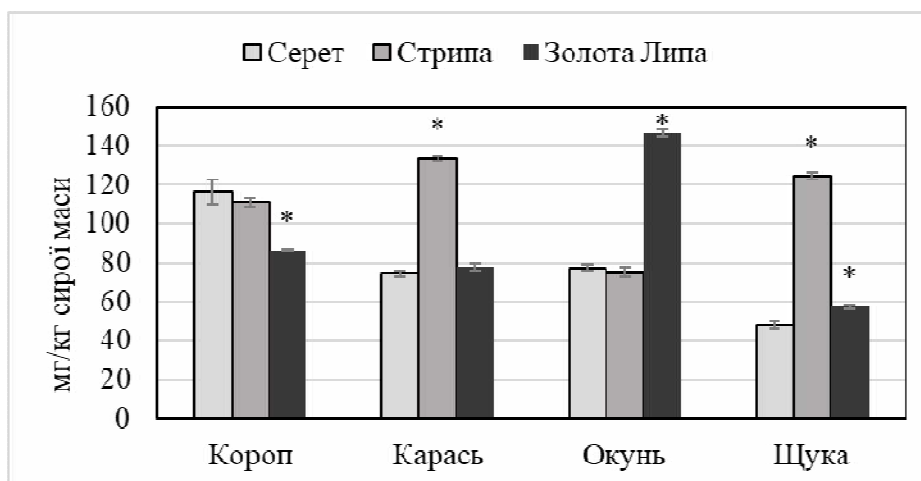


Рис. 1. Вміст Феруму у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

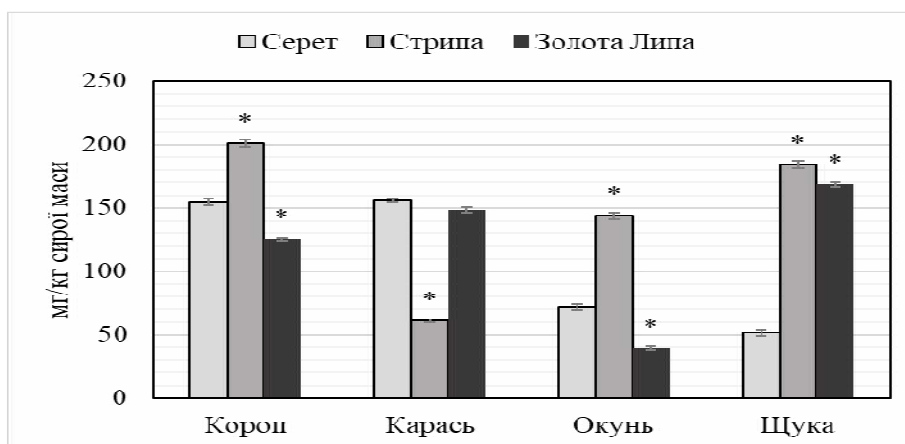


Рис. 2. Вміст Феруму у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Вміст Феруму в зябрах досліджуваних видів риб (рис. 1) дещо нижчий, ніж в печінці, хоча вищий ніж у м'язах (рис. 3). Найбільше цього металу виявлено в зябрах окуня з р. Золота Липа, на 8,8% менше його в зябрах карася з р. Стрипа та 20,5% менше у коропа з р. Серет.

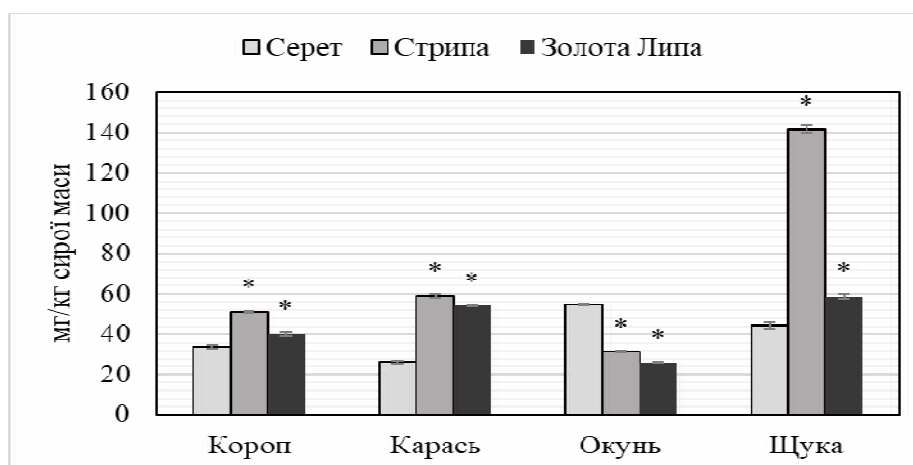


Рис. 3. Вміст Феруму у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Із отриманих даних видно, що організм риб активно реагує на умови існування, що відображається на вмісті Феруму в тканинах досліджуваних видів риб, виловлених в трьох малих річках. Отже, вміст Феруму у тканинах риб характеризується високою варіабельністю і залежить від виду риб і тканинної специфіки [10]. Максимальна кількість акумульованого металу характерна для риб із р. Стрипа, що може бути обумовлено високим вмістом Феруму у воді та донних відкладах водойми [1].

Кобальт є досить поширеним в природі елементом, який в незначних концентраціях зустрічається у воді, рослинах та організмі риб. При вивченні Кобальту було виявлено його позитивний вплив на процеси кровотворення у різних тварин, включно риб [12]. Надлишок Кобальту пригнічує гемопоєз, при нестачі цього металу розвивається анемія, а фізіологічні дози стимулюють утворення гемоглобіну та еритроцитів. В дослідях було показано позитивний вплив Кобальту на ріст і розвиток коропа [3].

У тканинах досліджуваних видів риб вміст цього металу незначний. Найбільше його виявлено в зябрах окуня з р. Серет, при чому вміст Кобальту в зябрах усіх видів риб, виловлених в р. Серет найвищий, в порівнянні з рибами із р. Стрипа та Золота Липа (рис. 4). Найменша концентрація вказаного металу виявлена в зябрах карася з р. Золота Липа. У всіх видів риб відмічено найменші показники вмісту Кобальту у всіх досліджуваних тканинах.

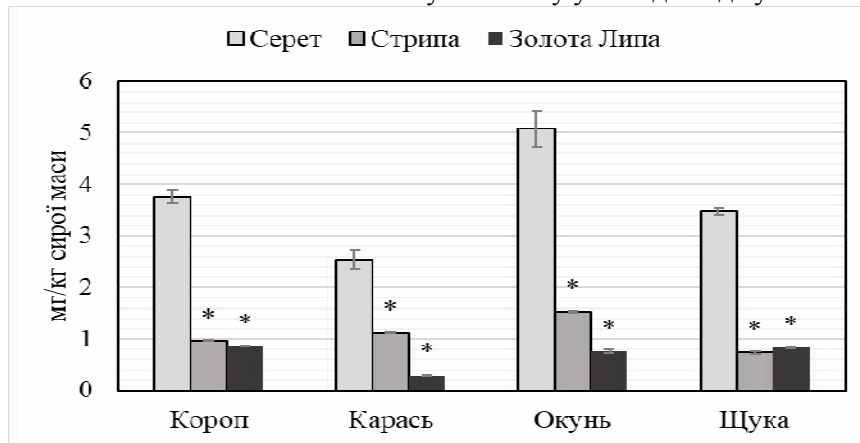


Рис. 4. Вміст Кобальту у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Стосовно печінки (рис. 5), то в цьому органі вміст Кобальту дещо нижчий, ніж в зябрах. Найбільший вміст цього металу знайдено в печінці окуня з р. Серет, який в 2,7 рази перевищує його в цьому органі у окуня з р. Стрипа та в 3,8 рази у особин з р. Золота Липа. Найменша концентрація Кобальту виявлена в печінці карася з р. Золота Липа. У карасів з р. Стрипа вона в 2,6 рази, а в риб цього виду з р. Серет в 6,4 рази вища.

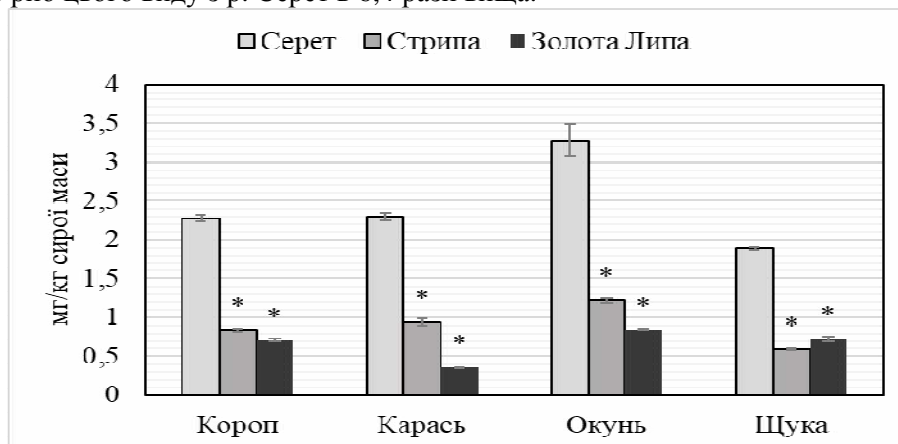


Рис. 5. Вміст Кобальту у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

М'язи містять, як правило, найменшу кількість Кобальту (рис. 6) [18]. Найбільше цього металу виявлено в м'язах окуня з р. Серет, а найменша — в цій тканині у карася з р. Золота Липа. Досліджувані види риб з р. Стрипа за вмістом Кобальту займають проміжне положення.

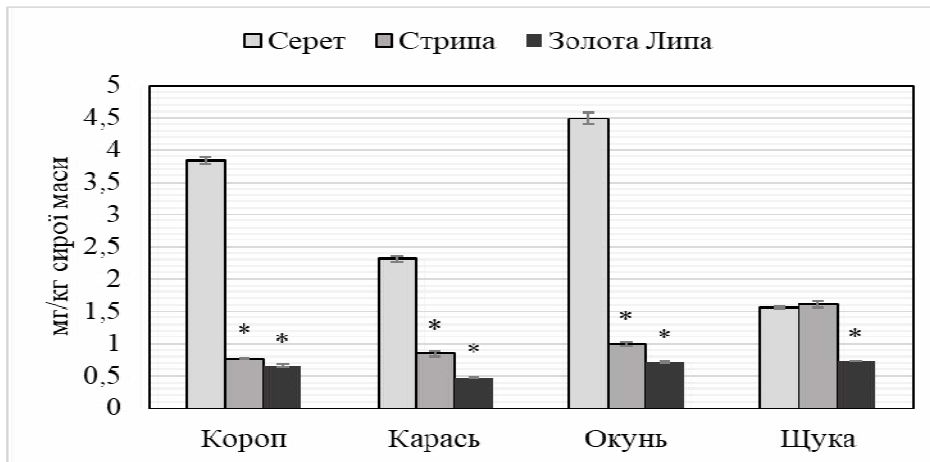


Рис. 6. Вміст Кобальту у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Максимальний рівень акумульованого Кобальту у тканинах досліджуваних риб було виявлено в р. Серет. За вмістом металу у організмі гідробіонтів досліджувані водотоки можна розмістити у вигляді ряду: Серет>Стрипа>Золота Липа.

Ми провели визначення в тканинах риб і Мангану. Цей елемент пов'язаний з ферментами, гормонами і вітамінами [4]. Манган активує пептидази сироватки крові, декарбоксилази піровиноградної і α -кетоглутарової кислот, фосфоглюкомутази, промідази та ін. Цей метал виступає в ролі окислювача низки біологічних систем і в анаеробних умовах діє як водневий акцептор [8].

Вміст Мангану в тканинах досліджуваних видів риб незначний. Він лише дещо перевищує вміст Кобальту. Найбільшу концентрацію цього металу виявлено у всіх досліджуваних видів риб з р. Стрипа. Особливо вона значна в зябрах карася (рис. 7). На 36,6% вміст Мангану нижчий в зябрах у коропа, на 56,8% у щуки та на 62,2% у окуня. Вміст Мангану в зябрах коропів з р. Серет та Золотої Липи майже в три рази нижчий. Найменше Мангану знайдено в зябрах окуня з р. Золота Липа. У цього ж виду риб і в цій же річці міститься найменше зазначеного металу і в печінці (рис. 8). Найнижчий вміст Мангану в печінці також виявлений у всіх видів риб, виловлених в р. Золота Липа.

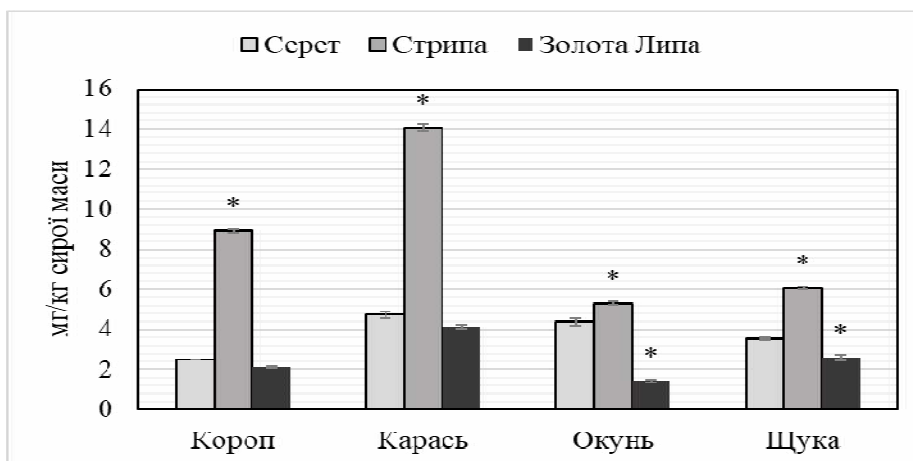


Рис. 7. Вміст Мангану у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

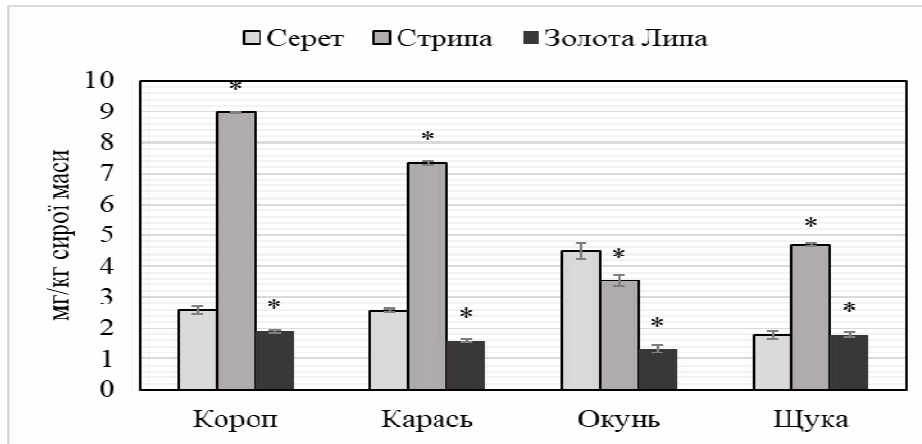


Рис. 8. Вміст Мангану у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

М'язи усіх видів риб з р. Стрипа та Золота Липа накопичують найменшу кількість Мангану (рис. 9), в той час як риби з р. Серет містять в цій тканині даного металу більше, ніж в печінці. Особливо за високим вмістом Мангану в м'язах виділяється карась з р. Серет та Стрипа. Найнижчі показники вмісту Мангану відмічено в м'язах окуня та щуки, виловлених в р. Золота Липа. Високий вміст даного металу може свідчити про високу активність окисно-відновних процесів в тканинах риб з р. Серет.

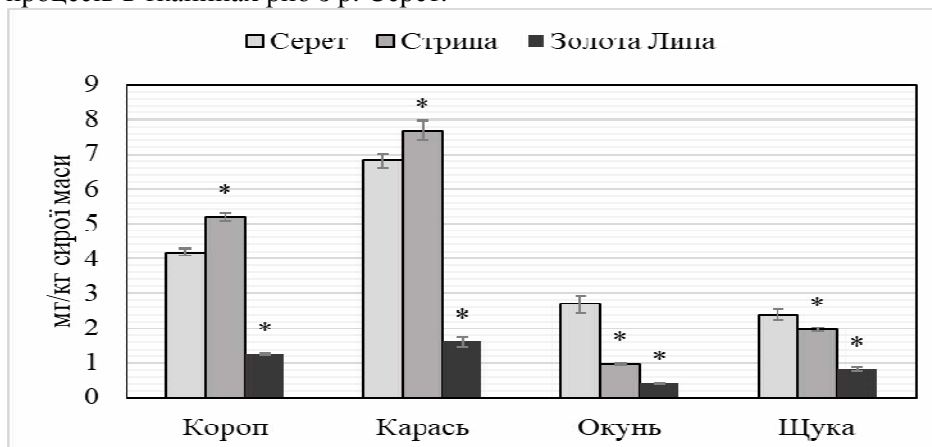


Рис. 9. Вміст Мангану у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Накопичення Мангану у тканинах риб має подібний з Ферумом характер. Максимум акумульованого металу відмічено для гідробіонтів з р. Стрипа.

Цинк є мікроелементом, який міститься в живих організмах у значних кількостях. В тканинах риб він сполучається з білками, амінокислотами, пуриновими основами та нуклеїновими кислотами [4]. Більшість цинквмісних білків є ферментами. Такі важливі ферменти білкового обміну як протеаза, глутаматдегідрогеназа, протеїназа містять в своєму складі цей метал [18]. Концентрація цього металу значно перевищує концентрацію Кобальту, Мангану та Купруму, і лише за вмістом Феруму деякі тканини видів риб перевищують цей показник.

Найбільше Цинку виявлено в зябрах у щуки з р. Серет (рис. 10). На 50,0% менше цього металу у щуки з р. Стрипа та на 68,8% у особин цього виду з р. Золота Липа. Високий вміст Цинку відмічено в зябрах окуня та карася з р. Серет, де їх показники практично рівні. Найнижча концентрація Цинку зафіксована в зябрах окуня з р. Золота Липа, яка в 8,5 рази менша, ніж в цьому ж органі у окуня з р. Серет.

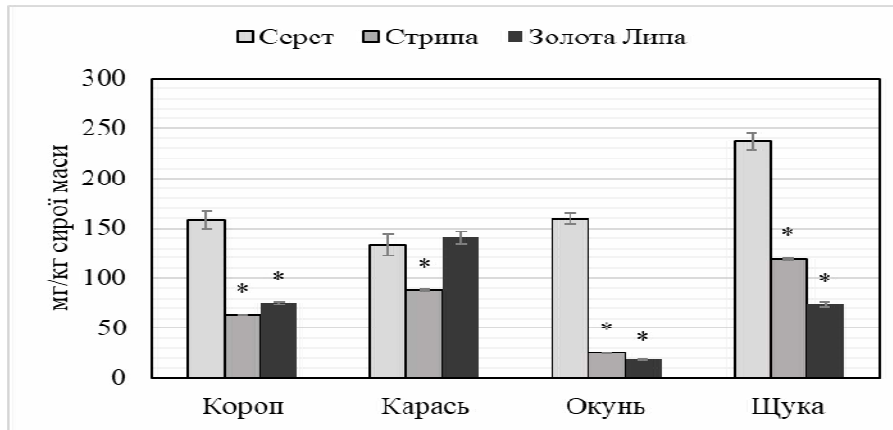


Рис. 10. Вміст Цинку у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

В печінці вміст Цинку також найвищий у досліджуваних видів риб, виловлених в р. Серет і зменшується в цьому органі у коропа і карася з р. Золота Липа, а окуня і щуки з р. Стрипа (рис. 11). Найменше Цинку виявлено в печінці у коропа з р. Стрипа, карася з р. Серет, окуня і щуки з р. Золота Липа.

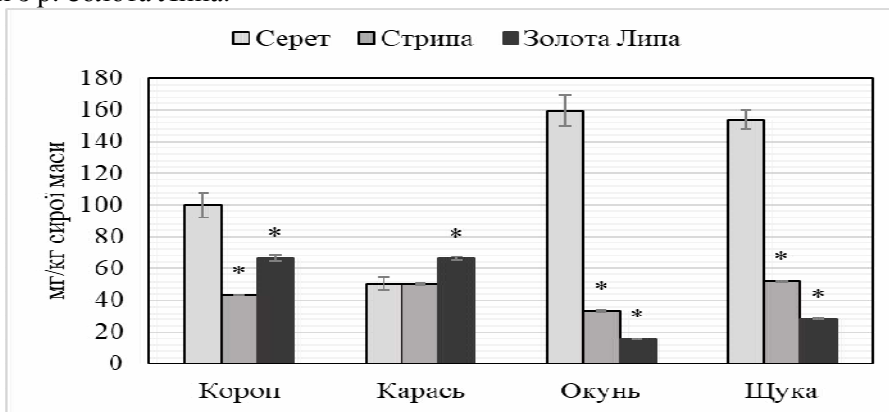


Рис. 11. Вміст Цинку у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Що стосується м'язів, то вміст Цинку в цьому органі взагалі найнижчий, порівняно з зябрами та печінкою (рис. 12). Найбільше цього мікроелементу виявлено в м'язах карася з р. Серет, а найменше в коропа з р. Золота Липа. За вмістом Цинку м'язи риб з р. Серет також переважають вивчені види з р. Стрипа та Золота Липа.

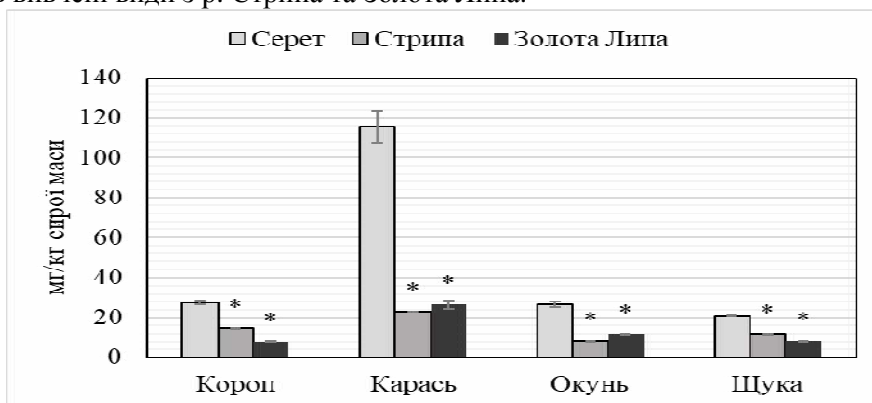


Рис. 12. Вміст Цинку у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Таким чином, вміст Цинку в досліджуваних тканинах риб не тільки найвищий, але він і змінюється в найбільш широких межах, що може свідчити про його активне використання в обмінних процесах. Найвищого значення рівень його накопичення досягає у риб вилонених з р. Серет. Найменша кількість виявлена у зябрах і печінці хижаків із р. Золота Липа та корокових із р. Стрипа. В загальному характер розподілу Цинку у тканинах риб подібний з Кобальтом.

Купрум є металом, який в невеликих кількостях виступає як типовий мікроелемент, а в значних концентраціях — як токсикант [18]. Крім того, змінюючи ступінь окиснення, цей метал бере активну участь в окисно-відновних процесах, які проходять в організмі гідробіонтів [2, 16].

Вміст Купруму в тканинах досліджених видів риб з р. Серет найнижчий (в порівнянні з іншими вивченими металами), в той час як у риб з р. Стрипа та Золота Липа він дещо перевищує вміст Кобальту. Найменше Купруму знайдено в зябрах щуки з р. Серет, а найбільше — в цьому органі у щуки з р. Стрипа (рис. 13).

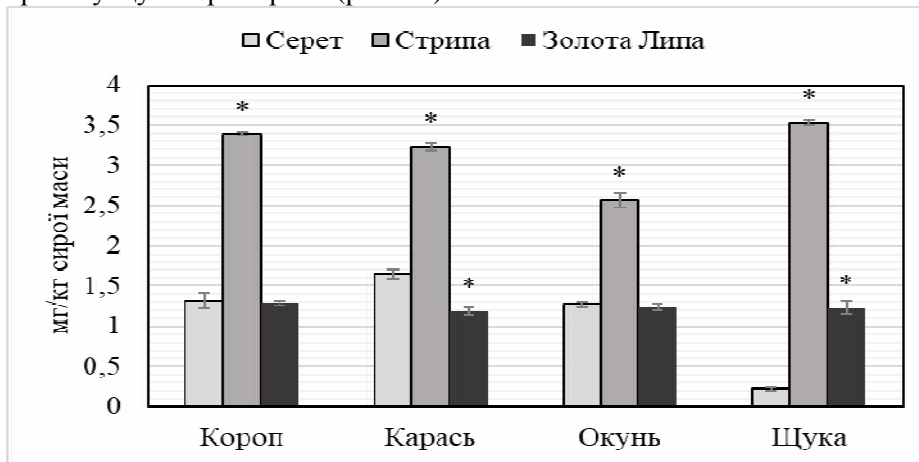


Рис. 13. Вміст Купруму у зябрах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

За вмістом зазначеного металу виділяється короп з р. Стрипа, де його в 2,6 рази більше, ніж у особин цього ж виду з р. Серет та Золота Липа. Найбільше Купруму накопичується в печінці (рис. 14). Найвищий вміст виявлено в цьому органі у всіх досліджених видів риб, вилонених в р. Стрипа. Цей показник найвищий у щуки, на 12,4% він нижчий у коропа, на 46,6% у карася та на 54,8% у окуня. Найнижча концентрація Купруму знайдена в печінці карася з р. Серет, практично на такому ж рівні вона у карася з р. Золота Липа, а у особин цього виду з р. Стрипа в 3,5 рази вища.

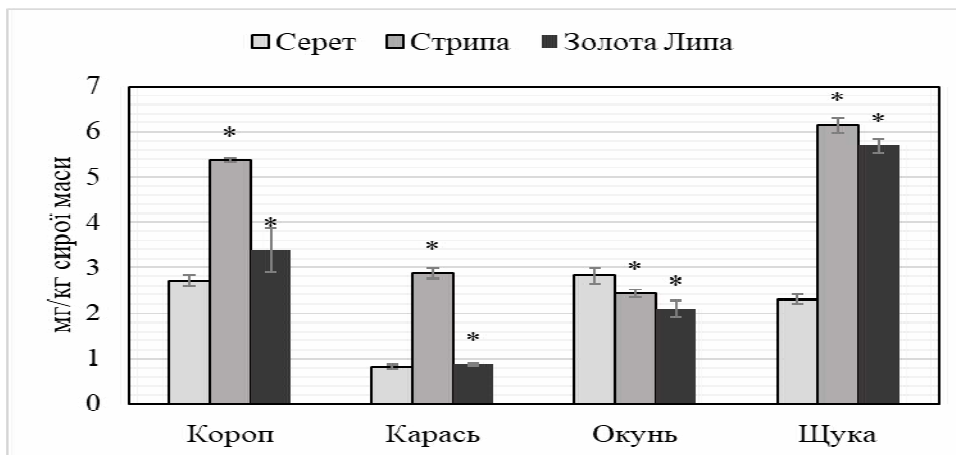


Рис. 14. Вміст Купруму у печінці досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

М'язи досліджуваних видів риб накопичують Купрум меншою мірою, ніж зябра та печінка (рис. 15). Найнижчий показник виявлено в цій тканині у щуки з р. Серет, в той час як у риб цього ж виду з р. Стрипа та Золота Липа він значно вищий (в 15,6 та 7,3 рази відповідно). Найбільше Купруму в м'язовій тканині, як і в печінці, знайдено у всіх досліджених видів риб з р. Стрипа.

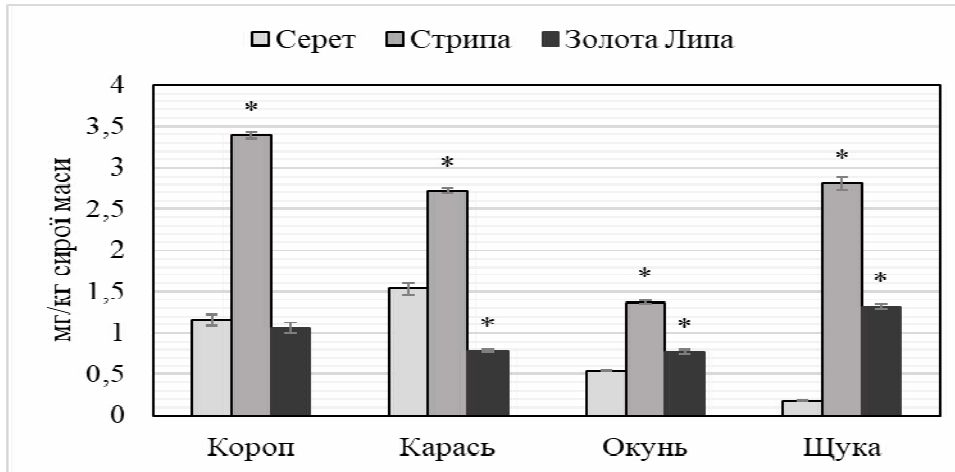


Рис. 15. Вміст Купруму у м'язах досліджуваних видів риб малих річок Західного Поділля (мг/кг вологої маси, $M \pm m$, $n=5$)

Найбільшу кількість акумульованого металу відмічено у риб з р. Стрипа, що, очевидно, пояснюється його вищою біодоступністю для гідробіонтів, порівняно з іншими водотоками. Відомо, що Купрум входить до складу цілої низки ферментів, особливо окисно-відновних. Цей метал бере активну участь в процесах тканинного дихання. Із сказаного видно, що умови існування риб у трьох річках, що досліджувалися, досить різні, що веде до зміни вмісту Купруму в їх тканинах у досить широких межах. Дані зміни, можливо, і забезпечують адаптацію риб до даних умов існування.

Висновки

Загалом відмічено максимальний рівень накопичення Феруму Мангану та Купруму в тканинах риб з р. Стрипа, Кобальту та Цинку у організмі риб із р. Серет. У р. Золота Липа в переважній більшості випадків мало місце акумулювання мінімальної кількості металів тканинами досліджуваних видів риб, що, можливо, обумовлюється низькою біодоступністю металів як для хижих риб, так і бентофагів. Отже, накопичення рибами металів є активним і регульованим тканинно-специфічним процесом, інтенсивність якого залежить як від фізико-хімічних особливостей водного середовища, так і від фізіолого-біохімічної активності організмів гідробіонтів [5, 11].

Забруднення внутрішніх водойм, в тому числі рибогосподарських, є одним із лімітуючих чинників функціонування водних екосистем та їх біопродуктивності. У зв'язку з цим, вивчення фізіолого-біохімічних механізмів адаптації та обмінних процесів у риб в умовах забруднення водних екосистем іонами важких металів є однією з головних умов розробки ефективних засобів та способів підвищення стійкості їх організму до нових умов існування.

1. Аналіз окремих гідрохімічних показників деяких малих річок Західного Поділля / Бияк В. Я., Ляврін Б. З., Хоменчук В. О., Курант В.З. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2010. № 4 (45). С. 115—121.
2. Воробьев В.И. Микроэлементы и их применение в рыбководстве. М.: Пищевая промышленность, 1979. 183 с.
3. Галичева Е. Е. Егорова М.Н. Влияние микроэлементов кобальта, цинка, молибдена при введении их в корм на рыбководные и физиологические показатели сеголетков карпа. *Индустриальные методы рыбководства : научн.труды ВНИИРХ.* М., 1972. Вып. 1. С. 46—60.
4. Искра Т. Д. Влияние цинка, марганца и меди на функциональное состояние гибрида пестрого и белого толстолобиков и карпа в раннем онтогенезе в условиях правобережья р. Волги Саратовской

- області : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биолог. наук : 03.00.13. Астрахань, 2002. 23 с.
5. Курант В.З. Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: 03.00.10. К., 2003. – 38 с.
 6. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1990. 352с.
 7. Линник П.Н., Набиванец В.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 270 с.
 8. Мелякина Э. И. Эколого-физиологические особенности видовых адаптаций карповых рыб к низкому уровню микроэлементов в водных экосистемах : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук : 03.00.18. Астрахань, 1984. 19 с.
 9. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.
 10. Рабченко О.О., Хоменчук В.О., Курант В.З. Ферум у водних екосистемах: форми знаходження, біологічне значення та токсичність для риб. *Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2016. №3–4 (67). С. 77–89.
 11. Хоменчук В.О. Біохімічні особливості проникнення і розподілу деяких важких металів в організмі коропа лускатого: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.04. – Львів, 2003. – 18 с.
 12. Хухрянский В. Г., Цыганенко А.Я., Павленко Н.В. Химия биогенных элементов. К.: Выща школа. 1990. 207 с.
 13. Bury N. R., Walker P.A., Glover C.N. Nutritive metal uptake in teleost fish. *J. Exp. Biol.* 2003. Vol. 206. P. 11—23.
 14. Calamari D. R. Influences of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Rich. *Water Research*. 1980. Vol. 14. P. 1421—1426.
 15. Clearwater S.J., Baskin S.J., Wood C.M. Gastrointestinal uptake and distribution of copper in rainbow trout. *J. Exp. Biol.* 2000. Vol. 203. P. 2455-2466.
 16. Cousins R. J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. *Physiol. Rev.* 1985. Vol.65. P. 238–309.
 17. Eichenberger E. The interrelation between essentiality and toxicity of metals in the aquatic ecosystem. *Metal ions in biological systems*. New-York and Basel, 1982. Vol.20. P.67-100.
 18. Fish Physiology: Homeostasis and Toxicology of Essential Metals / by Chris M. Wood. Academic Press, 2011. — 520 p.

References

1. Analiz okremykh hidrokhimichnykh pokaznykiv deiakykh malykh richok Zakhidnoho Podillia / Byiak V. Ya., Liavrin B. Z., Khomenchuk V. O., Kurant V.Z. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia*. 2010. No 4 (45). S. 115—121. (in Ukrainian).
2. Vorob'ev V.I. Mikroelementy i ikh primenenie v rybovodstve. M.: Pishchevaia promyshlennost', 1979. 183 s. (in Russian).
3. Galicheva E. E. Egorova M.N. Vliianie mikroelementov kobal'ta, tsinka, molibdena pri vvedenii ikh v korm na rybovodnye i fiziologicheskie pokazateli segoletkov karpa. *Industrial'nye metody rybovodstva : nauchn.trudy VNShPRKh. M., 1972. Vyp. 1. S. 46—60.* (in Russian).
4. Iskra T. D. Vliianie tsinka, margantsa i medi na funktsional'noe sostoianie gibrida pestrogo i belogo tolstolobikov i karpa v rannem ontogeneze v usloviiakh pravoberezh'ia r. Volgi Saratovskoy oblasti : avtoref. diss. na soiskanie uch. stepeni kand. biolog. nauk : 03.00.13. Astrakhan', 2002. 23 s. (in Russian).
5. Kurant V.Z. Rol' bilkovoho obminu v adaptatsii ryb do dii ioniv vazhkykh metaliv: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia dokt. biol. nauk: 03.00.10. K., 2003. – 38 c. (in Ukrainian).
6. Lakin G. F. Biometriia: uchebnoe posobie dlia biol. spets. vuzov. M.: Vyssh. shk., 1990. 352c. (In Russian).
7. Linnik P.N., Nabivanets V.I. Formy migratsii metallov v presnykh poverkhnostnykh vodakh. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 270 s. (in Russian).
8. Meliakina E. I. Ekologo-fiziologicheskie osobennosti vidovykh adaptatsiy karpovykh ryb k nizkomu urovniu mikroelementov v vodnykh ekosistemakh : avtoref. diss. na soiskanie uch. stepeni kand. biol. nauk : 03.00.18. Astrakhan', 1984. 19 s. (in Russian).
9. Nikanorov A.M., Zhulidov A.V., Pokarzhevskiy A.D. Biomonitoring tiazhelykh metallov v presnovodnykh ekosistemakh. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 144 s. (in Russian).

10. Rabcheniuk O.O., Khomenchuk V.O., Kurant V.Z. Ferum u vodnykh ekosystemakh: formy znakhodzhenia, biolohichne znachennia ta toksychnist' dlia ryb. Naukovi zapysky TNPU im. Volodymyra Hnatiuka. Serii: Biolohiia. 2016. No3-4 (67). S. 77-89. (in Ukrainian).
11. Khomenchuk V.O. Biokhimichni osoblyvosti pronyknennia i rozpodilu deiakykh vazhkykh metaliv v orhanizmi koropa luskatoho: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk: 03.00.04. – L'viv, 2003. – 18 s. (in Ukrainian).
12. Khukhrianskiy V. G., Tsyganenko A.Ia., Pavlenko N.V. Khimiia biogennykh elementov. K.: Vyscha shkola. 1990. 207 s. (in Russian).
13. Bury N. R., Walker P.A., Glover C.N. Nutritive metal uptake in teleost fish. J. Exp. Biol. 2003. Vol. 206. P. 11-23.
14. Calamari D. R. Influences of water hardness on cadmium toxicity to *Salmo gairdneri* Rich. Water Research. 1980. Vol. 14. P. 1421-1426.
15. Clearwater S.J., Baskin S.J., Wood C.M. Gastrointestinal uptake and distribution of copper in rainbow trout. J. Exp. Biol. 2000. Vol. 203. P. 2455-2466.
16. Cousins R. J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. Physiol. Rev. 1985. Vol.65. P. 238-309.
17. Eichenberger E. The interrelation between essentiality and toxicity of metals in the aquatic ecosystem. Metal ions in biological systems. New-York and Basel, 1982. Vol.20. P.67-100.
18. Fish Physiology: Homeostasis and Toxicology of Essential Metals / by Chris M. Wood. Academic Press, 2011. — 520 p.

B.Z. Lyavrin, V.O. Khomenchuk, V.Z. Kurant

Ternopil Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine

THE CONTENT OF IRON, MANGANESE, COBALT, ZINC AND COPPER IN THE ORGANISM OF FISHES FROM RIVERS SERET, STRYPA AND ZOLOTA LYPА

The content of individual metals in carp, crucian carp, perch and pike tissues from small rivers of Western Podillya is investigated. It is shown, that for different metals there are individual patterns of accumulation in different tissues of the organism. However, the general tendencies that determine cellular transformations in fish are: tissue-specific cell localization, due to their morphology, chemical composition and membrane activity; chemical activity of metal ion, especially complexing ability with proteins and low molecular weight metabolites; concentration of ions, which affects the total ionic homeostasis in the organism. The maximum level of accumulation of the Manganese, Iron and Copper in the tissues of fishes from Strypa, Cobalt, and Zinc in the tissues of fishes from Seret river is noted. In the Zolota Lypа river, in the vast majority of cases, accumulation of the minimum amount of metals in tissues of investigated species of fish took place, which may be due to the low bioavailability of metals for both predatory fish and benthophages.

Pollution of internal reservoirs, including fishing, is one of the limiting factors for the functioning of aquatic ecosystems and their bioproductivity. The study of physiological and biochemical mechanisms of accumulation and distribution of metals in fish tissues under conditions of contamination of water ecosystems is one of the main conditions for the development of effective means of increasing the organism's resistance to new conditions of existence.

Key words: Iron, Manganese, Cobalt, Zinc, Copper, accumulation, fish, small rivers

Надійшла 05.12.2018.

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 54.01:661.162.6

doi:10.25128/2078-2357.19.1.15

В.М. ГАВІЙ, С.О. ПРИПЛАВКО

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 2, Ніжин, Чернігівська область
e-mail: gaviyv@gmail.com

ФОРМУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ СОРТУ ЮВІВАТА ЗА ДІЇ СИНТЕТИЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ

У статті наведено порівняльну характеристику впливу синтетичних регуляторів росту на формування асиміляційного апарату та особливості деяких фотосинтетичних процесів озимої пшениці. Встановлено, що препарати Азотофіт та Вимпел ефективно стимулюють збільшення площі асиміляційної поверхні і чисту продуктивність фотосинтезу озимої пшениці сорту Ювівата.

Ключові слова: регулятори росту рослин, площа асиміляційної поверхні, маса сирої речовини рослин, чиста продуктивність фотосинтезу

На сьогодні велика роль у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур належить регуляторам росту рослин. Їх застосування надає можливість спрямовано регулювати найважливіші процеси в рослинному організмі, найповніше реалізувати потенційні можливості сорту, закладені в геномі природою та селекцією. Важливим аспектом дії регуляторів росту є підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища – високих і низьких температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, ураження хворобами та шкідниками [3, 5, 6, 7].

Найважливішою ланкою аграрного сектору економіки України є вирощування зернових культур. Основними зерновими культурами, які вирощуються в Україні, є озима пшениця та кукурудза. На полях, де застосовують інтенсивні технології, врожайність озимої пшениці становить 35–45 ц/га, а подекуди її врожай сягає 60–70 ц/га. Забезпечення такого результату досягається завдяки розробці нових технологій, які також передбачають і застосування росторегулювальних речовин [3, 6, 8].

Тому метою роботи було дослідити вплив синтетичних регуляторів росту на формування асиміляційної поверхні озимої пшениці сорту Ювівата.

Матеріал і методи досліджень

Польові досліді закладали на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя впродовж 2015–2017 років. Перед сівбою насіння озимої пшениці сорту Ювівата обробляли синтетичними регуляторами росту рослин Азотофітом, Вимпелом та Янтарною кислотою згідно схеми:

- Контроль (0,5 л води на 2 години).
- Янтарна кислота (0,5 г / 0,5 л води на 12 год.).
- Азотофіт (5 мл / 0,5 л води на 5 год.).

- Вимпел (10 мл / 0,5 л води на 2 год.).

Після обробки насіння озимої пшениці висівали вузькорядним способом. Загальна площа поля становила 20 м². Повторність досліду – триразова. Дослідження асиміляційної поверхні листків проводили в осінній та весняний періоди на 12, 217 та 227 день після появи сходів за загальноприйнятими методами [1]. Статистична обробка результатів здійснювалась за допомогою програми Excel 10.0 для Windows.

Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що продуктивність рослин певною мірою залежить від функціонування асиміляційного апарату, тому формування асиміляційної поверхні для рослин озимої пшениці є вирішальним фактором підвищення продуктивності зазначеної вище культури. Фотосинтетичний апарат характеризується передусім оптимальністю розмірів, швидкістю формування і тривалістю функціонування. Відомо, що листок – основний асиміляційний орган рослини, у якому утворюються органічні речовини, які слугують структурно-енергетичним матеріалом для всього організму. Показник площі асиміляційної поверхні рослини широко використовується в ботанічних, фізіологічних і агрономічних дослідженнях [2]. До того ж, одним з факторів оптимізації функціонування асиміляційного апарату є рівень мінерального живлення [9].

Встановлено, що досліджувані сполуки виявляють суттєвий вплив на ростові процеси листків озимої пшениці. Після першого вимірювання (на 12 день після появи сходів) виявлено збільшення їх асиміляційної поверхні під впливом Вимпелу – на 7,8%, Янтарної кислоти – 17,2%, Азотофіту – 20,3% порівняно з контролем (табл. 1).

Досліджуючи вплив регуляторів росту рослин на асиміляційну поверхню озимої пшениці у весняний період, виявили, що на 217 день після появи сходів відбулося збільшення асиміляційної поверхні озимої пшениці під впливом Азотофіту на 40,2%, Вимпелу – 32,2%, Янтарної кислоти – 22, 8% порівняно з контролем (табл. 1). Таку дію Азотофіту можна пояснити тим, що до його складу входять клітини азотфіксувальних бактерій *Azotobacter chroococcum*. Вони здатні активно поглинати азот атмосфери і постачати його в доступній формі для засвоєння рослинами. Крім того, зазначені вище бактерії продукують фунгіцидні речовини, які в свою чергу пригнічують ріст патогенної мікрофлори. Також шляхом активного продукування метаболітів, препарат дозволяє розчиняти важкорозчинні фосфати ґрунту. Азотофіт є потужним стимулятором вироблення енергії. Це призводить до прискорення всіх обмінних процесів, у тому числі підвищується інтенсивність фотосинтезу і формується потужна надземна маса рослин [10].

Таблиця 1

Вплив синтетичних регуляторів росту на формування площі асиміляційної поверхні озимої пшениці сорту Ювівата в осінній та весняний періоди (середнє за 2 роки)

Варіант	Площа асиміляційної поверхні, см ²					
	ІІ декада вересня (12 день після появи сходів)		І декада травня (217 день після появи сходів)		ІІ декада травня (227 день після появи сходів)	
	см ²	% до контролю	см ²	% до контролю	см ²	% до контролю
Контроль	1,27±1,15	100,0	14,9±1,2	100,0	17,8±1,6	100,0
Вимпел	1,37±0,19	107,8	19,7±1,3	132,2	23,7±1,5	133,1
Азотофіт	1,53±0,14	120,3	20,9±1,5	140,2	25,0±1,7	140,4
Янтарна кислота	1,49±0,14	117,2	18,3±1,3	122,8	22,8±1,5	128,1

Регулятор росту рослин Вимпел за рахунок гумінових кислот, що входять до його складу, стимулює коренеутворення і покращує живлення, що сприяє активізації росту надземної частини рослин. Розширений і оптимально збалансований основний склад багатоатомних спиртів надає препарату нових властивостей, а саме підвищує стійкість рослин до негативних факторів навколишнього середовища. Поліетиленоксиди, які також входять до складу препарату прискорюють процеси росту та фотосинтезу, регулюють транспірацію та інтенсивність мінерального живлення [6].

На 227 день після появи сходів спостерігали аналогічні результати до попередніх. Найбільшу ефективність виявлено за передпосівної обробки насіння Азотофітом. У зазначеному варіанті показник площі асиміляційної поверхні перевищував контроль на 40,4%. Збільшення фотосинтетичної поверхні листків під впливом Вимпелу становило 33,1%. Найменш ефективним регулятором росту виявилась Янтарна кислота, площа асиміляційної поверхні листків озимої пшениці за її застосування зросла на 28,1% порівняно з контрольною.

Використання синтетичних регуляторів росту мало позитивний вплив і на формування маси сирової речовини рослин озимої пшениці в осінній та весняний періоди (табл. 2). Так, маса сирової речовини рослин озимої пшениці в осінній період під впливом Вимпелу збільшилася на 3,4%, під впливом Янтарної кислоти – на 12,8%. Найбільшу ефективність за зазначеним вище показником виявив регулятор росту Азотофіт. Показники контролю на 15,1% були нижчими порівняно з дослідним варіантом.

Таблиця 2

Вплив синтетичних регуляторів росту на формування маси сирової речовини рослин озимої пшениці в осінній і весняний періоди (середнє за 2 роки)

Варіант	Маса сирової речовини рослин					
	II декада вересня (12 день після появи сходів)		I декада травня (217 день після появи сходів)		II декада травня (227 день після появи сходів)	
	г	% до контролю	г	% до контролю	г	% до контролю
Контроль	0,086±0,009	100,0	1,44±0,3	100,0	3,06±0,4	100,0
Вимпел	0,089±0,008	103,4	1,99±0,2	138,2	4,44±0,1	145,0
Азотофіт	0,099±0,008	115,1	2,42±0,3	168,0	4,98±0,3	162,7
Янтарна кислота	0,097±0,008	112,8	1,57±0,2	109,0	4,01±0,3	131,0

На 217 день після появи сходів збільшення маси сирової речовини рослин під впливом Вимпелу було на рівні 38,2%, Янтарної кислоти – 9%, Азотофіту – 68% порівняно до контролю.

На 227 день найбільшу ефективність за показником маса сирової речовини рослини виявлено за передпосівної обробки насіння Азотофітом (на 62,7% більше контролю), дещо нижчі показники визначено за застосування синтетичного регулятора росту Вимпел, що на 45% більше порівняно до контролю. Найменш ефективною виявилась Янтарна кислота, застосування якої збільшило масу сирової речовини рослин на 31% порівняно до контролю.

Важливим показником асиміляційної діяльності у посівах є також чиста продуктивність фотосинтезу, яка характеризує ефективність функціонування асиміляційної поверхні. Цей показник визначає інтенсивність накопичення маси сухої речовини впродовж доби в розрахунку на 1 м² листової поверхні рослин. Чиста продуктивність фотосинтезу залежить насамперед від кількості засвоєного в процесі фотосинтезу вуглекислого газу за день (г/м²). Ця величина є важливою складовою формування врожаю [3].

У результаті досліджень виявлено, що найбільші показники чистої продуктивності фотосинтезу визначені у варіантах за умови застосування Азотофіту та Вимпелу, де чиста

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

продуктивність фотосинтезу складала 11,5 г/м² за добу та 9,4 г/м² за добу і перевищувала показники контролю на 69,3% та 38,4 % відповідно (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив синтетичних регуляторів росту на чисту продуктивність фотосинтезу озимої пшениці сорту Ювівата у весняний період (середнє за 2 роки)

Варіант	Чиста продуктивність фотосинтезу	
	г/м ² за добу	% до контролю
Контроль	6,79±0,63	100
Вимпел	9,4±0,58	138,4
Азотофіт	11,5±0,85	169,3
Янтарна кислота	7,58±0,47	111,7

Висновки

Отже, за результатами досліджень фізіологічної дії синтетичних регуляторів росту встановлено, що їх застосування сприяє оптимізації формування та функціонування асиміляційного апарату рослин озимої пшениці в осінній і весняний періоди. Виявлено, що найбільш ефективними синтетичними регуляторами росту, які стимулюють асиміляційні процеси озимої пшениці впродовж досліджуваних періодів, є Азотофіт та Вимпел.

1. Грицаєнко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунту / Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. — К. : ЗАТ «Нічлава», 2003. — 320 с.
2. Зінченко О.І. Рослинництво / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко. — К.: Аграрна освіта, 2003. — 591с.
3. Моргун В.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні / В.В. Моргун, В.К. Яворська, І.В. Драгозов // Физиология и биохимия культ. растений. — 2002. — Т. 34, № 5. — С. 371—376.
4. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев [Текст] /А.А. Ничипорович // Тимирязевское чтение. — М. — 1956. — 94 с.
5. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко. — К.: Інтертехнодрук, 2003. — 312 с.
6. Пономаренко С.П. Регулятори росту рослин в землеробстві / С.П. Пономаренко. — К.: Ярмарок, 2003. — 143 с.
7. Принцип действия препарата Вимпел [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://wimpel.at.ua/index/princip_dejstvija/0-4
8. Регулятори росту на основі природної сировини та їх застосування в рослинництві / [Яворська В.К., Драгозов І.В., Крючкова Л.О. та ін]. — К.: Логос, 2006. — 176 с.
9. Терек О.І. Ріст рослин: навчальний посібник /О.І. Терек. - Львів: вид-во Львівського національного університету імені Івана Франка, 2007. — 248 с.
10. Чекуров В.М. Новые регуляторы роста растений / В.М. Чекуров. – Защита и карантин растений, № 9. — 2003 — 21 с.

References

1. Hrytsaienko Z.M. Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh doslidzhen' roslyn i gruntu / Hrytsaienko Z.M., Hrytsaienko A.O., Karpenko V.P. — K. : ZAT «Nichlava», 2003. — 320 s. (in Ukrainian).
2. Zinchenko O.I. Roslynytstvo / O.I. Zinchenko, V.N. Salatenko, M.A. Bilonozhko. — K.: Ahrarna osvita, 2003. — 591s. (in Ukrainian).
3. Morhun V.V. Problema rehuliatoriv rostu u sviti ta ii vyrishennia v Ukraini / V.V. Morhun, V.K. Yavors'ka, I.V. Drahovoz // Fiziologiiia i biokhimiia kul't. rasteniy. — 2002. — T. 34, No 5. — S. 371—376. (in Ukrainian).
4. Nichiporovich A.A. Fotosintez i teoriia polucheniia vysokikh urozhaev [Tekst] /A.A. Nichiporovich // Timiriazevskoe chtenie. — M. — 1956. — 94 s. (in Russian).
5. Ponomarenko S.P. Regulatory rosta rasteniy / S.P. Ponomarenko. — K.: Intertekhnodruk, 2003. — 312 s. (in Russian).

6. Ponomarenko S.P. Rehulatory rostu roslyn v zemlerobstvi / S.P. Ponomarenko. — K.: Yarmarok, 2003. — 143 s. (in Ukrainian).
7. Printsip deystviia preparata Vimpel [Elektronniy resurs] — Rezhim dostupu: http://wimpel.at.ua/index/princip_dejstvija/0-4 (in Russian).
8. Rehulatory rostu na osnovi pryrodnoi syrovyny ta ikh zastosuvannia v roslynnystvi / [Yavors'ka V.K., Drahovoz I.V., Kriuchkova L.O. ta in]. — K.: Lohos, 2006. — 176 s. (in Ukrainian).
9. Terek O.I. Rist roslyn: navchal'nyy posibnyk /O.I. Terek. — L'viv: vyd-vo L'vivskoho natsional'noho universytetu imeni Ivana Franka, 2007. — 248 s. (in Ukrainian).
10. Chekurov V.M. Novye regulatory rosta rasteniy / V.M. Chekurov. — Zashchita i karantin rasteniy, No 9. — 2003 — 21 s. (in Russian).

V.M. Gaviy, S.O. Pryplavko

Nizhyn Mykola Gogol State Universisy, Ukraine

THE ASSEMBLING APPARATUS FORMATION OF THE WINTER WHEAT SORT YUVIVAT BY THE EFFECT OF SYNTHETIC GROWTH REGULATORS

We have found out the effect of synthetic plant growth regulators – Azotofite, Vympel, Amber acid on assimilation processes of winter wheat sort Yuvivat in the autumn and spring periods.

The formation of the assimilation surface for winter wheat plants is a decisive factor in increasing the productivity of the crop. It was ascertained that on the 12th day after the emergence of the stairs an increase in the assimilation surface of winter wheat under the influence of Vympel – by 7.8%, Amber acid – by 17.2%, Azotofite – by 20.3%.

On spring period on 217 days after the emergence of the seedlings, an increase in the assimilation surface of winter wheat under the influence of Azotofite – by 40.2%, Vympel – by 32.2%, and Amber acid – by 22.8% compared to the control. Such an effect of Azotofite can be explained by the fact that it consists of cells of nitrogen-fixing bacteria *Azotobacter chroococcum*.

In turn, Vympel, at the expense of humic acids in its composition, enhances root formation and improves nutrition, which helps to increase the growth of the above-ground part of plants.

At 227 days after the appearance of the stairs, similar results were observed with the previous ones. The most effective was detected by Azotofite. He exceeded the control rate by 40.4%. The increase in the assimilation surface under the influence of Vympel was 33.1% compared with the control.

The use of synthetic growth regulators had a positive effect on the formation of the mass of raw matter of winter wheat plants in the autumn and spring periods.

Thus, the mass of raw matter of winter wheat plants increased by 3.4% during the autumn period under the influence of Vympel, by 12.8% by Amber acid. Azotofite, which exceeded the control index by 15.1%, showed the greatest efficiency.

On 217 days after the emergence of the stairs, the increase in the mass of raw matter of plants under the influence of Vympel was at the level of 38.2%, Amber acid – 9%, Azotofite – 68% compared to control.

On 227 day, the greatest effect on the growth of the mass of the raw matter of the plant was Azotofite (62.7% more than control), in the second place was the synthetic growth regulator Vympel, which increased the mass of the raw matter of the plant by 45% compared to the control.

As a result of the research, it was found that the highest performance of photosynthesis was determined in versions using Azotofite and Vympel, where the net photosynthesis yield was 11.5 g/m²/day and 9.4 g/m²/day and exceeded the control values by 69.3% and 38.4% respectively.

Thus, according to the results of studies of the physiological effects of synthetic growth regulators, it has been found that the most effective synthetic growth regulators that stimulate the assimilation processes of winter wheat during the studied periods are Azotofite and Vympel.

Key words: growth regulators, the mass of the raw matter of the plant, the net photosynthesis yield

Надійшла 18.10.2018.

А.І. ГЕРЦ, О.Б. КОНОНЧУК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: herts@chem-bio.com.ua

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ ПЛАНТАФОЛОМ НА ДЕЯКІ ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ (*GLYCINE MAX* MOENCH.)

Досліджено ефективність позакореневого підживлення сої культурної комплексним мінеральним добривом Плантафол 10.54.10 у ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області. Виявлено, що застосування добрива збільшує надземну масу та густоту рослин, загальну масу насіння на рослинах та його вагомість, а відтак, підвищує врожай зерна культури на 4,9 ц/га. Методом індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) виокремлено групу параметрів флуоресценції хлорофілу *a*, зокрема квантовий вихід NPQ (ϕ NPQ), частка світлової енергії, що поглинається ФС II та втрачається через нерегульовані процеси (ϕ NO), що можуть обумовлювати відмінності у продуктивності сорту, позаяк є чутливими до позакореневого внесення добрива Плантафол.

Ключові слова: соя культурна, *Glycine max* Moench., Плантафол, позакореневе підживлення, насіннева продуктивність, флуоресценція, індукція флуоресценції хлорофілу, нефотохімічне гасіння, ефективність фотохімії ФС II

У світі важливою олійною і білковою культурою є соя. Саме цій рослині належать лідируючі позиції із виробництва харчової олії та забезпеченні людства високобілковими продуктами харчування. Частка соєвої олії у загальному світовому виробництві становить біля 30%. Олія сої належить до групи лінолево-олеїнових напіввисихаючих харчових олій, які необхідні для людини, як джерело енергії, незамінних жирних кислот, жиророзчинних вітамінів тощо. За вмістом у насінні та якісним складом білки сої перевищують інші продовольчі та кормові сільськогосподарські культури. Вони включають усі незамінні амінокислоти і велику кількість біологічно активних сполук, що в цілому дуже наближує їх до тваринних білків [1, 2].

Унікальний хімічний склад сої, який поєднується із її властивістю до симбіотичної фіксації атмосферного азоту, спонукає все більше приділяти уваги вирощуванню цієї культури. Так, в Україні, як і всьому світі, спостерігається тенденція зростання валового виробництва сої. Якщо в Україні у 2000 р. було висіяно сою на площі 60,6 тис. га і зібрано 64,4 тис. т зерна, то у 2010 р. – 1,04 млн. га і 1,68 млн. т, 2017 р. – 1,98 млн. га і 3,90 млн. т. Зростання виробництва відбувалось, перш за все, за рахунок розширення посівних площ та незначного збільшення урожайності, яка у 2017 р. становила 19,7 ц/га, що далеко не вичерпує можливості сучасних сортів цієї культури [20].

Для досягнення високих показників продуктивності сої, як і всіх культурних рослин, необхідно оптимально поєднати процеси фотосинтезу, живлення і морфогенезу [5].

Фотосинтез є складним фізіологічним процесом утворення органічних речовин із мінеральних за участі енергії сонця, який лежить в основі накопичення біологічної маси зеленими рослинами, а отже і формування урожаю сільськогосподарськими культурами.

Адаптація рослин до умов навколишнього середовища, а відтак підтримка гомеостазу між вуглецевмісними (вуглеводи, ліпіди), азотовмісними сполуками (нуклеїнові кислоти, амінокислоти, білки) та вторинними метаболітами (терпени, алкалоїди, фенольні сполуки) відбувається через зміну засвоєння, розподілу вуглецю і поживних речовин. Такі зміни, у більшості випадків, підтримують ріст і розвиток рослин, впливають на стан фотосинтетичного апарату (ФА), зокрема, на перебіг первинних процесів фотосинтезу (ППФ). Останні, як

правило, оцінюються через явище флуоресценції хлорофілу *a* та описуються біофізичними параметрами [4].

Відомо, що позакоренева обробка мікродобривами впливає на величину антени світлозбиральних комплексів (СЗК), кількість активної форми хлорофілу в СЗК фотосистеми II (ФС II), Q_b невідновлювальних комплексів [3] та на квантову ефективність фотохімічного перетворення енергії (ФПСII) загалом. Існуючий зв'язок між ефективністю фотохімії ФС II та активністю рибулозобісфосфаткарбоксилази (РБФК), як ключового ферменту темної фази фотосинтезу, обумовлює зміни продуктивності фотосинтезу загалом [3, 21].

Отже, фотосинтез залежить від багатьох чинників, тісно пов'язаний з іншими фізіологічними процесами, у тому числі і мінеральним живленням, яке забезпечує рослину необхідними хімічними елементами, включає їх до обміну речовин та є одним із основних факторів регулювання росту, розвитку і продуктивності. Крім того, сам фотосинтез є необхідною умовою ефективного використання елементів мінерального живлення, адже постачає для цього процесу енергію [4, 5, 10, 19].

Соя, як квіткова рослина, переважну кількість мінеральних елементів живлення поглинає із ґрунту кореневою системою, а також здатна засвоювати їх надземними органами, тобто позакоренево. Тому, дуже часто для усунення недоліків ґрунтового живлення, застосовують швидко і дієво позакоренево підживлення, яке компенсує обмежене надходження мінеральних речовин з ґрунту через їх нестачу чи за зниженої активності кореневої системи рослин. Необхідно зазначити, що ефективність дії позакореневого підживлення залежить від багатьох чинників, таких як фенологічна стадія росту рослини, дефіцит певного елемента мінерального живлення у ґрунті, погодних умов тощо [5, 8, 10, 13, 16].

Сучасні добрива для позакореневого підживлення рослин виготовляються із хімічно чистої сировини з високим ступенем подрібнення, із низькою вологістю та включенням мікроелементів у хелатній формі з додаванням стабілізаторів, прилипачів тощо [7].

Відповідно до цього, метою роботи було дослідити ефективність позакореневого підживлення сої культурної комплексним мінеральним добривом Плантафол 10.54.10 за показниками фотосинтетичного апарату і продуктивністю в ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом дослідження була соя культурна (*Glycine max* Moench.) сорту Аннушка та комплексне мінеральне добриво Плантафол 10.54.10.

Сорт сої Аннушка належить до скоростиглих сортів із вегетацією 75-85 днів, має зерновий напрямок використання та високий потенціал продуктивності – до 42 ц/га і більше. В Україні є національним стандартом для скоростиглих сортів [14].

Добриво Плантафол 10.54.10 (Plantafol 10.54.10) виробляється італійською фірмою Валагро (Valagro SpA) та поширюється в Україні ТОВ «АгріСол» [6].

Плантафол 10.54.10 містить азоту – 10%, фосфору – 54%, калію – 10%, а також мікроелементи – бор 0,02% і хелати у формі EDTA: заліза – 0,01%, марганцю – 0,05%, цинку – 0,05%, міді – 0,005% [16].

Польові досліді проводили на території агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка на важкосуглинистому чорноземі типовому із *дуже високим вмістом обмінного калію*, низьким вмістом легкогідролізованого азоту, сірки, кобальту і цинку, середньою забезпеченістю гумусом, фосфором, марганцем, *близькою до нейтральної* реакцією ґрунтового розчину тощо (табл. 1).

Польові досліді проводили за загальноприйнятою для Лісостепу України технологію вирощування сої [11], але без застосування пестицидів і ґрунтового внесення добрив. Строк сівби – перша декада травня, спосіб – широкорядний з міжряддям 45 см, норма – 700 тис./га, попередник – кукурудза на зерно.

Агрохімічні показники ґрунту агробіолабораторії ТНПУ

Агрохімічний показник	Результат аналізу	Забезпеченість
кислотність: обмінна <i>pH</i> сол.	5,6	бл. до нейтральної
гідролітична, мг-екв./100 г	2,16	бл. до нейтральної
сума ввібраних основ, мг-екв./100 г	19,0	підвищена
вміст в орному шарі гумусу, %	2,63	середня
легкогідролізований азот, мг/кг	102	низька
рухомий фосфор, мг/кг	71	середня
обмінний калій, мг/кг	189	дуже висока
S, мг/кг	2,60	дуже низька
B, мг/кг	0,69	висока
Mn, мг/кг	9,34	середня
Co, мг/кг	0,09	низька
Cu, мг/кг	0,25	підвищена
Zn, мг/кг	1,05	низька
Cd, мг/кг	0,06	не перевищує ГДК
Pb, мг/кг	1,01	не перевищує ГДК

У фенологічних стадіях росту «поява суцвіття – початок цвітіння» (ВВСН 51-61 (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie)) сою двічі з інтервалом 10 діб обприскували розчином добрива Плантафол 10.54.10 концентрацією 3 г/л з розрахунку витрати робочого розчину 300 л/га. Рослини контрольного варіанту зволожували водою.

Розміщення варіантів досліду послідовне із 4-разовою повторністю.

Під час стадії «кінець цвітіння» (ВВСН 69) досліджували стан фотосинтетичного апарату сої методом індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) за допомогою РАМ-флуорометра MultispeQ V1.0 [23].

Структуру та величину урожаю сої визначали у фенологічну стадію старіння після повного відмирання надземної частини рослин (ВВСН 97). Для встановлення продуктивності культури застосовували метод пробних майданчиків [9].

Повторність досліджень від 6 до 100 і більше разової. Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програми *MS Excel*[®] та *RStudio*. Достовірність відмінностей між вибірками визначалася за t-критерієм Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

Мікроелементи у формі хелатів металів є найбільш доступними для сільськогосподарських культур. Відомий їх вплив на чисту продуктивність фотосинтезу, врожайність та якість насіннєвого матеріалу [3, 8]. Через дію на компоненти антиоксидантної системи рослин [17], а відтак на фотосинтетичну активність листового апарату, вони здатні забезпечувати стійкість рослинного організму до хвороб та інших стресових факторів зовнішнього середовища.

Одним із ефективних шляхів виявлення раннього стресу в рослин є метод індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ). Аналіз даних ІФХ дає можливість оцінити критичні параметри та з'ясувати зміни у функціональній активності фотосинтетичного апарату за дії позакореневої обробки мікродобривами. Зміни флуоресценції хлорофілу є відображенням окисно-відновлювального стану реакційних центрів (РЦ) ФС II [21].

Дослідження реакції фотосинтетичної системи рослин сої на позакореневе підживлення Плантафолом 10.54.10 виявило відсутність прямого впливу використаного мінерального добрива на квантовий вихід фотохімії ФС II (Φ_{PSII}). Водночас, відносний вміст хлорофілу (SPAD), який корелює із загальним вмістом азоту в листках рослин [23], статистично значимо зростав (табл. 2).

Флуоресцентні параметри та відносний вміст хлорофілів у листках сої культурної сорту Аннушка за дії добрива Плантафол 10.54.10, в.о., $M \pm SD^{**}$

Параметри	Контроль	Дослід
Φ_{PSII}	0,50±0,03	0,51±0,04
ϕ_{NPQ}	0,20±0,02	0,17±0,02*
ϕ_{NO}	0,30±0,02	0,32±0,02*
NPQt	0,68±0,07	0,60±0,06*
qL	0,33±0,04	0,34±0,05
LEF	114,57±21,64	110,22±18,87
SPAD	47,02±2,95	50,09±2,43*

Примітки: * – $p < 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем; ** SD – середнє арифметичне значення та його середнє квадратичне відхилення; Φ_{PSII} – квантова ефективність ФС II, NPQt – нефотохімічне гасіння, оцінене без темної адаптації, ϕ_{NPQ} – квантовий вихід NPQ, ϕ_{NO} – частка світлової енергії, що поглинається ФС II та втрачається через нерегульовані процеси; qL – частка відкритих реакційних центрів ФС II, LEF – лінійний електронний транспорт, SPAD – відносний вміст хлорофілу.

Враховуючи те, що флуоресценція хлорофілу є обернено пропорційною до фотосинтетичної активності листків [21] та конкурує із фотохімічним (qP) та нефотохімічним гасінням хлорофілу (NPQ) [18, 23], спостерігається зниження рівня останнього у дослідному варіанті, що був оцінений за відсутності темної адаптації рослин (NPQt). Ймовірно, це може бути обумовлено не лише різними рівнями фотохімічного розділення зарядів у РЦ дослідних та контрольних рослин, а й різною інтенсивністю лінійного транспорту електронів (LEF). Однак, окисно-відновний стан Q_A (первинний хіноновий акцептор електронів ФС II), оцінка якого здійснювалась за показником qL (кількість відкритих РЦ у ФС II) [21] і лінійний електронний транспорт (LEF) контрольної та дослідної груп суттєво не відрізнялись (табл. 2).

Отже, застосоване комплексне добриво Плантафол знижує частку теплової дисипації надлишкової світлової енергії у РЦ ФС II, але статистично значимо не впливає на LEF. Раніше, у роботах [18, 22], було продемонстровано, що швидка компонента нефотохімічного гасіння (qE), у порівнянні з LEF, є більш чутливою до зміни CO_2 та O_2 [18].

Відомо, що за умов, коли активність світлових реакцій значно перевищує інтенсивність ензиматичних процесів у циклі Кальвіна, який утилізує АТФ і НАДФН, відбувається зниження рН люмена тилакоїда [18]. Такий дисбаланс світлової і темної стадій фотосинтезу запускає ланцюг процесів, які призводять до виникнення теплової дисипації квантів. При цьому, основний внесок у процес нефотохімічного гасіння має qE [21], що залежить від трансмембранного градієнту протонів і ступеня деепоксидзації пігментів ксантофілового циклу [18, 21].

Для аналізу стану підкислення просвіту тилакоїдів та активності АТФ-синтази, були використані параметри ECSt, g_{H^+} та v_{H^+} [18], що оцінюються через явище електрохромної зміни абсорбції хлоропластів у ділянці 520 нм [12, 18] та характеризують зміни рН люмена тилакоїда і відтік протонів через АТФ-синтазу відповідно [18, 21]. Зниження рівня ECSt, яке спостерігається за умов позакореневої обробки рослин добривом Плантафол (табл. 3), обумовлювало зниження рівня NPQt та ϕ_{NPQ} , що згідно літературних даних, є закономірним [18, 21, 22]. Відтак, тенденція до підкислення тилакоїдного простору, що наявна у контролі, обумовлює зростання протонної провідності (g_{H^+}) АТФ-синтази та швидкості відтоку протонів через АТФ-синтазу (v_{H^+}) (табл. 3). Остання є критичною зв'язуючою ланкою між світловими та темновими реакціями фотосинтезу і метаболізмом рослинного організму загалом [18].

Отже, за дії Плантафолу на рослини сої, на фоні відсутності достовірної різниці у швидкості лінійного електронного транспорту порівняно з контрольною групою, зменшується рівень NPQt. Під час цього, зростає загальна кількість активних РЦ ФС I ($p < 0,05$), а відтак

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

спостерігається тенденція до зменшення частки відкритих та окислених РЦ ФС I [18, 22], що, можливо, у кінцевому результаті призведе до збільшення рівня АТФ через циклічний транспорт електронів та збільшення кількості відновлених еквівалентів НАДФН.

Таблиця 3

Флуоресцентні параметри листків сої культурної сорту Аннушка за дії добрива Плантафол 10.54.10, у.о., M±SD

Параметри	Контроль	Дослід
<i>ECSt</i>	537±185	481±125
g_H^+	197±19,80	191±17,62
v_H^+	0,10±0,03	0,09±0,02
загальна к-ть активних центрів ФС I	1,94±0,38	2,19±0,32*
частка відкритих центрів ФС I	0,99±0,43	0,89±0,15
частка центрів ФС I в окисленому стані	0,33±0,20	0,25±0,12

Примітки: * – $p < 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем; *ECSt* – загальна величина затухання електрохромної зміни абсорбції хлоропластів, mAU; g_H^+ – протонна провідність АТФ-синтази хлоропластів; v_H^+ – стаціонарна швидкість потоку протонів крізь АТФ-синтазу хлоропласта.

Дослідження продуктивності сої культурної сорту Аннушка виявило, що позакореневе підживлення комплексним мінеральним добривом Плантафол підвищує врожай зерна культури на 4,9 ц/га (табл. 4).

Аналіз елементів продуктивності показав, що зростання урожаю відбувалось за рахунок формування на 15,0% вищої біологічної надземної маси із вищою на 8,0% густотою стеблостою та зростання насінневої продуктивності переважно за рахунок підвищення загальної маси насіння на рослинах на 10,2% і його вагомості – на 7,9% порівняно з контролем. За дії Плантафолу відбувалось збільшення на 6,4% висоти кріплення нижніх бобів, а також виявлена тенденція до зростання на 5,7% кількості бобів і на 2,1% кількості насінин на рослинах (табл. 4).

Таблиця 4

Основні елементи продуктивності сої культурної сорту Аннушка за дії добрива Плантафол 10.54.10, M±m

Показник	Контроль	Плантафол
густота рослин, тис. шт./га	507,4±6,8	548,1±15,9*
висота рослин, см	75,1±0,9	75,2±1,0
біологічний урожай надземної маси без листя, ц/га	51,5±0,8	59,2±2,0*
кількість бобів на 1 рослину, шт.	17,7±0,5	18,7±0,7
довжина бобів, см	4,0±0,07	3,9±0,03
висота кріплення нижніх бобів, см	14,0±0,3	14,9±0,4*
кількість насінин на 1 рослину, шт.	32,8±1,0	33,5±1,2
маса насіння на 1 рослину, г	5,9±0,18	6,5±0,23*
кількість насінин в 1 бобові, шт.	1,86±0,02	1,83±0,03
маса 1000 насінин (вагомість), г	180,6±3,2	194,9±2,6*
біологічний урожай зерна, ц/га	28,4±0,7	33,3±1,4*

Примітки: * – $p < 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

Отже, основними чинниками зростання продуктивності сої культурної за дії добрива Плантафол було підвищення маси надземних органів і густоти рослин під час збирання урожаю, збільшення загальної маси зерна на рослинах та його вагомості, що відповідає даним, щодо високої чутливості останнього показника на екзогенні впливи [2].

Підвищення зернової продуктивності сої сорту Аннушка на 17,3% під впливом позакореневого підживлення Плантафолом 10.54.10 відповідає літературним даним, щодо 15,0-

18,0% зростання урожаю зерна соєю після передпосівної обробки насіння та дворазового позакореневого підживлення мікродобривами [15].

Висновки

Отже, польові дослідження показали, що позакореневе підживлення добривом Плантафол 10.54.10 дозволяє зменшити негативну дію дефіциту деяких поживних елементів у ґрунті та підвищити урожай зерна сої культурної в умовах Тернопільської області за рахунок стимулювання фотосинтетичних, ростових і продукційних процесів. Одержані дані вказують на доцільність і перспективність позакореневого використання комплексного мінерального добрива під час вирощування сої, яке підвищує її продуктивність у місцевих ґрунтово-кліматичних умовах.

1. Адамень Ф. Ф., Сичкарь В. И., Письменов В. Н., Шерстобитов В. В. Соя: промышленная переработка, кормовые добавки, продукты питания. 2-е изд. Киев : Нора-принт, 2003. 476 с.
2. Біологічний азот / Патица В. П. та ін. Київ : Світ, 2003. 424 с.
3. Богдан М. М. Фізіологічне обґрунтування застосування комплексних добрив у посівах пшениці озимої : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.12. Умань, 2016. 23 с.
4. Герц А. І., Конончук О. Б. Зміна деяких фізіологічних показників рослин *Phaseolus vulgaris* L. за різної концентрації наномолібдену. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія. 2017. № 1 (68). С. 106-115.
5. Городній М. М. Агрохімія : підруч. Київ : Арістей, 2008. 936 с.
6. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні на 2017 рік. Міністерство екології та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/news/31534.html>. (дата звернення 14.02.2019).
7. Дудка В. Позакореневе підживлення рослин. Хибні теорії та практичні помилки. Агроном. 2010. URL: <https://agronom.com.ua/pozakoreneve-pidzhyvlennya-hybni-teoriyi-ta-praktychni-pomylyky/>. (дата звернення 16.02.2019).
8. Комплексні хелатовані добрива у посівах пшениці. Науково-методичні рекомендації / Богдан М. М та ін. К. : ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 32 с.
9. Конончук О. Б. Навчальна практика з основ сільського господарства : навч. посіб. Тернопіль : ТНПУ імені Володимира Гнатюка, 2016. 128 с.
10. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин : навч. посіб. 2-е вид., переробл. і допов. Київ : Логос, 2009. 184 с.
11. Лихочвор В. В. Петриченко В. Ф., Івашук П. В., Корнійчук П. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / за ред. Лихочвора В. В., Петриченка В. Ф. 3-є вид., виправ., допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
12. Медведев С. С. Электрофизиология растений: учебное пособие. СПб. : Изд-во С.-Петербургского университета, 1997. 122 с.
13. Санін Ю. В., Санін В. А. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. Агрономія Сьогодні. 2012. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/218-osoblyvosti-pozakorenevoho-pidzhyvlennia-silskohospodarskykh-kultur-mikroelementamy.html>. (дата звернення 12.02.2019).
14. Соєвий Вік. URL: <http://www.soya-ua.biznes-pro.ua/product.php?id=30420>. (дата звернення 15.02.2019).
15. Тарасенко О. Листкове підживлення зернових мікроелементами. Пропозиція. 2017. URL: <https://propozitsiya.com.ua/listkove-pidzhyvlennya-mikroelementami-zernovih>. (дата звернення 12.02.2019).
16. AgriSol. URL: <http://agrisol.com.ua/index.php/katalog/mineralnye-udobreniya/plantafol/product/view/4/36>. (Last accessed: 14.01.2019).
17. Andrews P. K. How Foliar-Applied Nutrients Affect Stresses in Perennial Fruit Plants. Acta Horticulturae. 2002. Vol. 594. P. 49-55.
18. Chloroplast ATP Synthase Modulation of the Thylakoid Proton Motive Force: Implications for Photosystem I and Photosystem II Photoprotection / Atsuko Kanazawa et all. Front. plant sci. 2017. Vol. 8, № 719. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00719/>. (Last accessed: 02.04.2019).
19. Epstein E. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. New York : Wiley, 1971. 412 p. URL: <https://archive.org/details/mineralnutrition00epst/page/n5>. (Last accessed: 14.01.2019).

20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> (Last accessed: 16.01.2019).
21. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel / Kalaji HM et al. *Photosynth Res.* 2017. Vol. 132, №1. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27815801>. (Last accessed: 02.04.2019).
22. Kanazawa A., Kramer D. In vivo modulation of nonphotochemical exciton quenching (NPQ) by regulation of the chloroplast ATP synthase. *PNAS.* 2002. Vol. 99, № 20. URL: <https://www.pnas.org/content/99/20/12789>. (Last accessed: 02.02.2019).
23. MultispeQ Beta: a tool for large-scale plant phenotyping connected to the open PhotosynQ network / Sebastian Kuhlert et al. *R. Soc. open sci.* 2016. Vol. 3, №10. URL: <http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/3/10/160592>. (Last accessed: 14.01.2019).

References

1. Adamen' F. F., Sichkar' V. I., Pis'menov V. N., Sherstobitov V. V. *Soia: promyshlennaia pererabotka, kormovye dobavki, produkty pitaniia. 2-e izd.* Kiev : Nora-print, 2003. 476 s. (in Russian).
2. *Biologichnyy azot / Patyka V. P. ta in.* Kyiv : Svit, 2003. 424 s. (in Ukrainian).
3. Bohdan M. M. *Fiziologichne obgruntuvannia zastosuvannia kompleksnykh dobryv u posivakh pshenytsi ozymoi : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 03.00.12.* Uman', 2016. 23 s. (in Ukrainian).
4. Herts A. I., Kononchuk O. B. *Zmina deiakykh fiziologichnykh pokaznykiv roslyn Phaseolus vulgaris L. za riznoi kontsentratsii nanomolibdenu.* *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biologhiia.* 2017. No 1 (68). S. 106-115. (in Ukrainian).
5. Horodniy M. M. *Ahrokhimiia : pidruch.* Kyiv : Aristey, 2008. 936 s. (in Ukrainian).
6. *Derzhavnyy reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini na 2017 rik.* Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. URL: <https://menr.gov.ua/news/31534.html>. (data zvernennia 14.02.2019). (in Ukrainian).
7. Dudka V. *Pozakoreneve pidzhyvlennia roslyn. Khybni teorii ta praktychni pomylky.* *Ahronom.* 2010. URL: <https://agronom.com.ua/pozakoreneve-pidzhyvlennya-hybni-teoriyi-ta-praktychni-pomylyky/>. (data zvernennia 16.02.2019). (in Ukrainian).
8. *Kompleksni khelatovani dobryva u posivakh pshenytsi. Naukovo-metodychni rekomendatsii / Bohdan M. M ta in. K. : TOV «TsP «KOMPRYNT», 2016. 32 s.* (in Ukrainian).
9. Kononchuk O. B. *Navchal'na praktyka z osnov sil's'koho hospodarstva : navch. posib.* Ternopil' : TNPU imeni Volodymyra Hnatiuka, 2016. 128 s. (in Ukrainian).
10. Kots' S. Ya., Peterson N. V. *Mineral'ni elementy i dobryva v zhyvlenni roslyn : navch. posib. 2-e vyd., pererobl. i dopov.* Kyiv : Lohos, 2009. 184 s. (in Ukrainian).
11. Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F., Ivashchuk P. V., Korniyuchuk P. V. *Roslynnystvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia sil's'kohospodars'kykh kul'tur / za red. Lykhochvora V. V., Petrychenka V. F. 3-ie vyd., vyprav., dopov. L'viv : NVF «Ukrains'ki tekhnolohii», 2010. 1088 s.* (in Ukrainian).
12. Medvedev S. S. *Elektrofiziologiiia pastenyi: uchebnoe posobie.* SPb. : Izd-vo S.-Peterburgskogo universiteta, 1997. 122 c. (in Russian).
13. Sanin Yu. V., Sanin V. A. *Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia sil's'kohospodars'kykh kul'tur mikroelementamy.* *Ahronomiia S'ohodni.* 2012. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/218-osoblyvosti-pozakorenevoho-pidzhyvlennia-sil'skohospodarskykh-kulturno-mikroelementamy.html>. (data zvernennia 12.02.2019). (in Ukrainian).
14. Soievyy Vik. URL: <http://www.soya-ua.biznes-pro.ua/product.php?id=30420>. (data zvernennia 15.02.2019). (in Ukrainian).
15. Tarasenko O. *Lystkove pidzhyvlennia zernovykh mikroelementamy. Propozytsiia.* 2017. URL: <https://propozitsiya.com.ua/listkove-pidzhyvlennya-mikroelementami-zernovih>. (data zvernennia 12.02.2019). (in Ukrainian).
16. AgriSol. URL: <http://agrisol.com.ua/index.php/katalog/mineralnye-udobreniya/plantafol/product/view/4/36>. (Last accessed: 14.01.2019).
17. Andrews P. K. *How Foliar-Applied Nutrients Affect Stresses in Perennial Fruit Plants.* *Acta Horticulturae.* 2002. Vol. 594. P. 49-55.
18. *Chloroplast ATP Synthase Modulation of the Thylakoid Proton Motive Force: Implications for Photosystem I and Photosystem II Photoprotection / Atsuko Kanazawa et al.* *Front. plant sci.* 2017. Vol. 8, № 719. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00719/>. (Last accessed: 02.04.2019).
19. Epstein E. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.* New York : Wiley, 1971. 412 p. URL: <https://archive.org/details/mineralnutrition00epst/page/n5>. (Last accessed: 14.01.2019).
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/> (Last accessed: 16.01.2019).

21. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel / Kalaji HM et al. *Photosynth Res.* 2017. Vol. 132, №1. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27815801>. (Last accessed: 02.04.2019).
22. Kanazawa A., Kramer D. In vivo modulation of nonphotochemical exciton quenching (NPQ) by regulation of the chloroplast ATP synthase. *PNAS.* 2002. Vol. 99, № 20. URL: <https://www.pnas.org/content/99/20/12789>. (Last accessed: 02.02.2019).
23. MultispeQ Beta: a tool for large-scale plant phenotyping connected to the open PhotosynQ network / Sebastian Kuhlert et al. *R. Soc. open sci.* 2016. Vol. 3, №10. URL: <http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/3/10/160592>. (Last accessed: 14.01.2019).

A. I. Herts, O. B. Kononchuk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

INFLUENCE OF PLANTAFOL FOLIAGE APPLICATION ON SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND SOYBEAN PRODUCTIVITY (*GLYCINE MAX* MOENCH.)

The efficiency of influence of Plantafol (10.54.10) foliage application on soybeans in soil and climatic conditions of the Ternopil region was investigated. It was found that Plantafol increased the green weight of top and plant density, the total mass of grain per plant, its significance and therefore increased the grain crop by 4.9 c/ha.

The crop growth was due to the formation of 15.0% higher biomass green weight of top with higher plant stand by 8% and the increase of seed productivity mainly by increasing of the total weight of seeds in plants by 10.2% and its significance by 7.9 % in comparison with the control. By the influence of Plantafol, there was an increase of the height of beans fastening by 6.4%, as well as a tendency to increase the number of beans by 5.7% and the number of seeds per plant by 2.1%.

The chlorophyll fluorescence induction technique was used to isolate a group of fluorescence parameters of chlorophyll *a*, in particular ϕ NPQ, ϕ NO, which can determinate variations in the productivity of the variety, as they are sensitive to the foliage application.

There wasn't found the direct influence of the mineral fertilizer on the quantum yield of photochemistry PS II (Φ_{PSII}). At the same time, the abundance of chlorophyll (SPAD) increased.

It is assumed that the decrease of the ECSt level, observed under the conditions of Plantafol foliage application of plants, led to the decrease of NPQt and ϕ NPQ levels in soybean.

In the absence of significant difference in the rate of linear electron flux in the experimental and control groups, Plantafol decreases the NPQt level and causes the increase of the total number of active RC FS I.

The obtained data proved the significance and the perspective of foliage application using as of complex mineral fertilizers during soybean cultivation that increases its productivity in local soil and climatic conditions.

The Plantafol reduces the negative effect of some nutritional elements in soil and increases the soybean crop in the conditions of Ternopil region by stimulating photosynthetic, growth and production processes.

Key words: soybean, productivity, chlorophyll, fluorescence, induction of chlorophyll fluorescence, non-photochemical quenching, thr efficiency of photosystem II photochemistry

Надійшла 21.01.2019.

¹Л.Р. ГРИЦАК, ²Н.В. НУЖИНА, ¹Н.М. ДРОБИК¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 47028

²ІНЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка

вул. С. Петлюри, 1, Київ, 01032

e-mail: drobyk.n@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ ВИСОКОГІРНИХ ВИДІВ РОДУ *GENTIANA* L. ФЛОРИ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Досліджено вміст пігментів та їхнє співвідношення у фотосинтетичному апараті високогірних видів роду *Gentiana* L. З'ясовано, що їх кількість залежить як від еколого-географічних умов росту таксонів, так і стадії онтогенезу, на якій перебувають рослини. Проведено кореляційний аналіз між вмістом хлорофілів *a* і *b*, сумою каротиноїдів у хлоропластах рослин *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L. і параметрами температурного та водного режимів існування цих таксонів. Встановлено, що серед досліджених видів пігментний комплекс рослин *G. lutea* найбільше залежить від показників температури повітря, ґрунту, відносної вологості повітря та суми опадів.

Ключові слова: *Gentiana* L., фотосинтетичні пігменти, кореляція, кліматичні зміни

Фітобіота є індикатором стану навколишнього середовища, оскільки здатна швидко реагувати на його зміни. Високогірні види, у тому числі й види роду *Gentiana* L., у процесі тривалої еволюції пристосувалися до екстремальних умов росту. Тому мають вузький діапазон толерантності до багатьох чинників довкілля. До початку ХХІ століття скорочення їх ареалів пов'язували лише із науково необґрунтованою заготівлею лікарської сировини та інтенсивним пасторальним навантаженням. Проте у останні десятиліття не меншу загрозу становлять кліматичні зміни, що спричинюють у високогір'ї Українських Карпатах, як й інших гірських систем [27, 34, 44], підвищення температури повітря, істотне збільшення суми ефективних температур; зменшення глибини і скорочення тривалості залягання снігового покриву; збільшення тривалості вегетаційного періоду; зменшення кількості опадів протягом року і, зокрема, під час вегетаційного періоду [7; 8, с. 9–12]. Це призводить до зниження показників вологості повітря, водного режиму ґрунту, аерації, омброрежиму (різниця між річною кількістю атмосферних опадів і випаровуванням) та впливає на перебіг трансформаційних процесів у ґрунті, що позначається й на його хімічному складі [8, с. 9–12]. Потепління прискорює й демутаційні процеси в угрупованнях і посилює міжвидову конкуренцію. Спостерігають і висотне зміщення рослинних поясів, внаслідок чого види потрапляють у несприятливі для них едафічні умови [29].

Саме тому, більшість дослідників зосереджують свою увагу на проблематиці змін хорології, вікової структури, онтогенезу, здатності до самопідтримання та самовідновлення тощо популяцій високогірних видів [2, 6, 7, 9, 38]. Однак, вивчення лише цих аспектів не дозволить розробити ефективні заходи зі збереження високогірного фіторізноманіття, оскільки кліматогенні зміни впливають і на геном організмів [26, 30], молекулярний склад мембранних структур [39, 46], характер і перебіг фізіологічних процесів [37, 43, 45] тощо.

Згідно досліджень Я. П. Дідуха із співавторами [7], високогірні види, зокрема й *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., *Gentiana acaulis* L., чутливі до зміни терморежиму їх місць існування навіть на 2% (0,5° С або 100 Дж/м²) [8, с. 76–77]. Н. Айлло та А. Беззі ще у 1989 р. передбачали, що аридність клімату може у значній мірі гальмувати процеси росту та розвитку рослин *G. lutea* [25]. А. Каторсі із співавторами [29], аналізуючи причини невдалих спроб реінтродукції виду *G. lutea* у горах італійських Апеннін, зазначають, що вченими не було враховано низьку толерантність цього таксону до літнього дефіциту ґрунтової вологи та значну залежність процесів росту вегетативних структур рослин і накопичення сухої речовини у них

від вологоємності ґрунту [41]. У праці А. Гуєна-Ломбрана встановлено, що підвищення температури повітря безпосередньо впливає на репродуктивну здатність рослин *G. lutea*, зокрема зменшується кількість генеруючих рослин, а також плодів у перерахунку на особину, проте збільшується маса насінини [31]. Останнє зменшує відстань, на яку може бути перенесене насіння від материнської рослини, що, у свою чергу, посилює внутрішньопопуляційну конкуренцію [31, 32]. Зменшення морфометричних параметрів вегетативних органів рослин *G. lutea* та їх репродуктивної здатності у відповідь на підвищення температури повітря, ґрунту і зменшення кількості доступних ґрунтових вод свідчить й про зниження продуктивності особин, яка безпосередньо залежить від функціонування фотосинтетичного апарату (ФА) [42].

Загальний баланс фотосинтетичних пігментів та їх співвідношення у світлозбиральних комплексах (СЗК) фотосистем високогірних видів є результатом їх тривалої адаптації до росту в умовах високої інсоляції, підвищеного фону ультрафіолету (УФ), низьких температур тощо [35]. На концентрацію хлорофілів у ФА впливають умови освітлення, температурний і водний режими, елементи мінерального живлення, іонізуюче випромінювання, етапи онтогенезу [12, 19, 33, 40]. Тому, вміст пігментів вважають індикаторною ознакою, за якою оцінюють не лише потенційну продуктивність рослин, але й їхню екологічну пластичність та здатність до виживання у змінених умовах середовища [19, 33, 36].

Виходячи із вище зазначеного, мета роботи полягала у вивченні особливостей змін вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах різних вікових груп високогірних видів *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis*, а також залежності їх кількісних показників від зміни температурного і водного режимів існування. Ці дослідження дозволять не лише глибше вивчити особливості екофізіології цих таксонів, але й сприятимуть успішній реалізації програм з реінтродукції їх популяції у гірських районах Українських Карпат в умовах глобальних кліматичних змін.

Матеріал і методи досліджень

Досліджували рідкісні види роду *Gentiana*, що ростуть у високогір'ї Українських Карпат у межах різних гіпсометричних рівнів: *G. lutea* – 900–1500 м н. р. м., *G. punctata* – 1600–1800 м н. р. м., *G. acaulis* – 1500–2000 м н. р. м.

Відбір матеріалу здійснено під час експедицій в Українських Карпатах у 2017 р. та 2018 р. з таких локалітетів видів: *G. lutea* – гора (г.) Пожижевська (хр. Чорногора, Надвірнянський р-н, Івано-Франківська обл., 1427 м н. р. м.), *G. punctata* – г. Брескул (хр. Чорногора, Рахівський р-н, Закарпатська обл., 1800–1850 м н. р. м.), *G. acaulis* – г. Брескул (хр. Чорногора, Рахівський р-н, Закарпатська обл., 1820 м н. р. м.).

З метою мінімального пошкодження рослин матеріал відбирали за допомогою пробійного свердла із середньої частини листка. Вміст пігментів визначали у період фенофази цвітіння не менш ніж у 5 іматурних, віргінільних та генеративних особинах кожного виду у листках 2–3 ярусу вузлів розетки. Для достовірнішого визначення реакцій пігментного комплексу ФА на зміну метеорологічних факторів відбір матеріалу упродовж 2 років здійснювали з одних і тих же самих рослин.

Пігменти екстрагували із листкових висічок диметилсульфоксидом [ДМСО, $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_2$] за методикою Б. Х. Межунца [13] при 65°C із наступним визначенням коефіцієнтів екстинкції отриманих розчинів на спектрофотометрі СФ-46 для хлорофілів *a* (*Chl a*), *b* (*Chl b*) і суми каротиноїдів (*Carot*) за довжин хвиль 663, 645 і 440,5 нм відповідно.

Концентрацію хлорофілів вираховували за формулою Макінні-Арнона: $Chl a = 12,7E_{663} - 2,69E_{645}$; $Chl b = 22,9E_{645} - 4,68E_{663}$; суму каротиноїдів – за формулою Веттштейна: $Carot = 4,695E_{440,5} - 0,268(a+b)$, де *E* – показник спектрофотометра [14]. Вміст пігментів розраховували у мг на 100 г сирової маси листків [3].

Для визначення залежності вмісту фотосинтетичних пігментів від зміни кліматичних чинників використано метеорологічні дані Сніголавинної станції «Пожижевська» Івано-Франківського центру з гідрометеорології Державної служби з надзвичайних ситуацій, розташованої на верхній кліматичній межі лісу г. Пожижевська на висоті 1450 м н.р.м.

Статистичну обробку даних, а саме дисперсійний аналіз ANOVA, з використанням критерію достовірної різниці групових середніх Тьюкі (Honestly Significant Difference) та кореляційний аналіз виконано за допомогою програмного забезпечення Prism 6. Критичний рівень значимості при перевірці статистичних гіпотез у дослідженні приймався рівним 0,05.

Результати досліджень та їх обговорення

Досліджувані види роду *Gentiana* належать до різних висотних поясів рослинності. *G. lutea* входить до складу субальпійських трав'янистих ценозів, приурочений до пологих, рідше крутих схилів південної, південно- чи північно-західної експозиції. Як виняток, трапляється в альпійському або верхньому лісовому поясах [22, с. 30]. *G. punctata* входить до складу як субальпійських, так і альпійських ценозів. *G. acaulis* зазвичай росте у альпійському поясі. Проте, може траплятися й у субальпійському [10].

Результати досліджень показують, що відмінності місць росту цих таксонів позначаються не лише на особливостях їх морфології, фенофазах цвітіння, але й на вмісті фотосинтетичних пігментів та їх співвідношеннях. Так, загальний вміст пігментів є найвищим у рослинах *G. lutea* та становить 188,01 мг/100 г і 212,39 мг/100 г сирової маси (генеративна вікова група) залежно від року дослідження, у особинах *G. punctata* цей показник є нижчим на 16,69–33,04 % (або 156,63 мг/100 г і 142,21 мг/100 г). У генеративних рослинах *G. acaulis* вміст пігментів не перевищує 134,88 мг/100 г і 157,29 мг/100 г. Така особливість характерна й для інших вікових груп рослин тирличів (рис. 1). Аналіз літературних джерел свідчить, що зменшення загальної кількості пігментів уздовж висотного градієнту спостерігається й у видів інших гірських систем [12, 23]. Це пов'язують із адаптацією ФА до високого рівня сонячної інсоляції [5], показники якої через кожні 1000 м н. р. м. зростають на 10 % [4, с. 18].

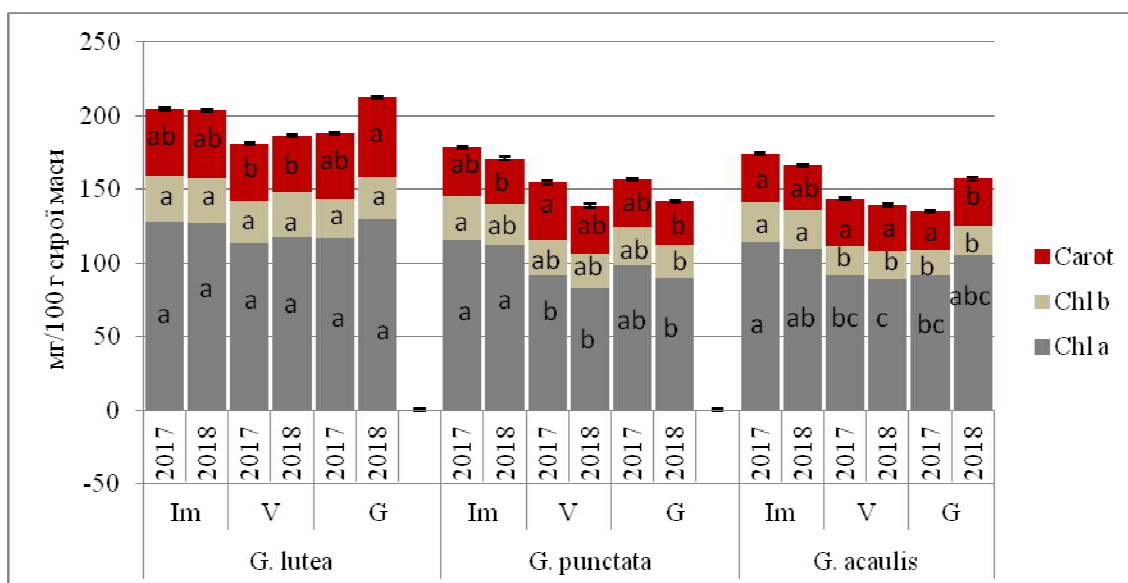


Рис. 1. Вміст фотосинтетичних пігментів у рослинах *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis* з природних умов росту у 2017–2018 рр.

Умовні позначення: *Chl a* – хлорофіл *a*, *Chl b* – хлорофіл *b*, *Carot* – сума каротиноїдів; Im – іматурні рослини, V – віргінільні рослини, G – генеративні рослини; a, b, c – однакові латинські букви означають статистично незначні розбіжності середніх певного параметру всередині одного виду за критерієм Тьюкі (HSD)

При цьому збільшуються частки як прямої радіації, так і довгохвильового інфрачервоного та УФ-випромінювань [4, с. 19]. Відомо, що збільшення УФ-радіації у

спектральному складі світла знижує інтенсивність фотосинтезу та пригнічує біосинтез крохмалю, внаслідок чого накопичуються розчинні форми вуглеводів. Останнє підвищує стійкість високогірних рослин до низьких температур [4, с. 18]. Іншою причиною зменшення вмісту пігментів у видів уздовж висотного градієнту є нестача ґрунтової вологи або фізіологічна сухість ґрунту, обумовлена різкими перепадами температур, інтенсивними вітрами тощо [16, 47].

Досліджувані види відрізняються не лише за загальним вмістом пігментів, але за їх співвідношеннями. Встановлено, що частка хлорофілу *a* по відношенню до хлорофілу *b* є найвищою (5,08–5,16) у генеративних рослин *G. acaulis*. У особин популяції *G. punctata*, що ростуть на майже аналогічному гіпсометричному рівні, цей показник коливається в межах 3,89–3,94, а у рослин *G. lutea*, розташованих на нижчих висотах, – вже 4,34–4,39. Загалом, підвищення частки *Chl a* у пігментному комплексі ФА є адаптивною відповіддю високогірних видів на скорочення тривалості вегетаційного періоду у гірських районах, оскільки хлорофіл *a* відповідає за продуктивність рослин. Тому, у субальпійських та альпійських видів співвідношення *Chl a* до *Chl b* варіює в межах 3,2–6,0 [12], наприклад, у тибетського виду *Gentiana straminea* Maximowicz цей показник становить 3,71 [45].

Для глибшого розуміння взаємозалежності вмісту пігментів у ФА досліджуваних видів було застосовано кореляційний аналіз (табл. 1). Згідно з його результатами, існує позитивний зв'язок між концентрацією *Chl a* у ФА рослин *G. lutea* та вмістом *Chl b* і *Carot*. Проте ступінь кореляційної залежності *Chl a* із *Carot* є значно вищим ($r = 0,83, p < 0,001$), порівняно із *Chl b* ($r = 0,46, p < 0,001$). Це пояснюється тим, що вид *G. lutea* належить до рослин із потужним розвитком підземних і надземних структур, для забезпечення функціонування яких необхідно підтримувати високу інтенсивність фотосинтезу упродовж дня. Тому, можна припустити, що лімітуючим фактором, який визначає життєдіяльність рослин цього таксону, може бути нестача сонячного світла. На користь цього припущення свідчить зникнення рослин *G. lutea* із видового складу ценозів, за умов збільшення їхньої вертикальної зімкнутості. В Українських Карпатах внесок прямої радіації у сумарну є меншим 40 % (1234 МДж/м²) і навіть влітку через значну хмарність не досягає середнього рівня, характерного для інших територій [18]. Таке розсіяне сонячне світло містить більше енергії в синьо-фіолетовій частині спектру [5]. За таких умов й зростає значення *Carot*, які з одного боку, виконують функцію додаткових світлозбиральних пігментів, а з іншого – разом із *Chl b* мають максимуми поглинання у синьому (Ес) діапазоні фотосинтетично активної радіації (ФАР) [20]. Проте, між вмістом *Chl b* і *Carot* у СЗК фотосистем *G. lutea* кореляційна залежність відсутня. Що ж стосується інших видів, то у ФА рослин *G. punctata* вміст *Chl a* дуже сильно корелює лише з *Chl b* ($r = 0,96, p < 0,001$), залежності між *Chl a* і *Carot*, а також *Chl b* і *Carot* не виявлено. У ФА рослин *G. acaulis* також існує дуже високий показник позитивної кореляції між *Chl a* і *Chl b* ($r = 0,91, p < 0,0001$); між вмістом *Chl a* і *Carot* виявлено помірну кореляційну залежність ($r = 0,40, p < 0,001$).

Однак у рослин цього таксону, на відміну від інших видів, кількість *Chl b* залежить від вмісту *Carot* у СЗК фотосистем ($r = 0,54, p < 0,001$). Збільшення ролі *Chl b* у ФА рослин обох цих видів, ймовірно, означає, що підвищення рівня сонячної інсоляції у локалітетах росту є одним із найбільш вагомих факторів, який лімітує їх життєдіяльність та роботу ФА. Вважається, що у таких умовах *Chl b* виконує вже функцію терморегулятора та дозволяє зменшити небезпеку перегріву рослин, оскільки максимум поглинання зміщується у більш короткохвильовий діапазон, де кванти світла володіють меншим тепловим ефектом [11]. Існування кореляційного зв'язку між *Chl a*, *Chl b* і *Carot* у рослин *G. acaulis*, ймовірно, вказує про ще більшу адаптацію пігментного комплексу, пов'язану із необхідністю захисту хлорофілів від фотодеструкції, оскільки цей вид зазвичай росте на вищих гіпсометричних рівнях, порівняно із *G. punctata*.

Результати наших досліджень показали, що вміст пігментів змінюється у рослин досліджуваних видів й у ході онтогенезу.

Кореляційна матриця фотосинтетичних пігментів рослин видів роду *Gentiana* та метеорологічних чинників (2017–2018 рр.)

№	Параметри	<i>G. lutea</i>			<i>G. punctata</i>			<i>G. acaulis</i>		
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁	x ₂	x ₃
x ₁	Хлорофіл a									
x ₂	Хлорофіл b	0,46			0,96			0,91		
x ₃	Каротиноїди	0,83	-0,07		-0,12	-0,04		0,40	0,54	
x ₄	Т повітря (сер.), °С	-0,59	0,16	-0,79	-0,04	0,09	0,94	-0,29	0,06	0,47
x ₅	Т повітря (мін.), °С	-0,22	0,67	-0,55	-0,37	-0,19	0,18	-0,23	0,04	0,46
x ₆	Т повітря (макс.), °С	-0,42	-0,25	-0,40	0,19	0,19	0,88	-0,09	0,07	0,27
x ₇	Т на поверхні ґрунту (сер.), °С	-0,50	0,26	-0,72	-0,10	0,02	0,90	-0,23	0,10	0,59
x ₈	Т на поверхні ґрунту (мін.), °С	0,20	0,66	-0,03	-0,36	-0,28	-0,34	0,01	0,07	0,33
x ₉	Т на поверхні ґрунту (мін.), °С	-0,43	-0,27	-0,34	0,20	0,20	0,86	-0,10	0,06	0,23
x ₁₀	Т на глибині 10 см ґрунту (сер.), °С	-0,56	-0,06	-0,67	0,09	0,17	0,96	-0,23	0,05	0,35
x ₁₁	Т на глибині 10 см ґрунту (мін.), °С	0,26	0,59	0,11	-0,34	-0,35	-0,17	0,13	0,14	0,53
x ₁₂	Т на глибині 10 см ґрунту (макс.), °С	-0,33	-0,50	-0,20	0,32	0,28	0,64	-0,05	0,04	-0,06
x ₁₃	Відносна вологість повітря, %	0,36	0,52	0,23	-0,33	-0,31	-0,59	0,09	0,03	0,16
x ₁₄	Сума опадів, мм	0,58	0,19	0,64	-0,16	-0,24	-0,90	0,24	-0,01	-0,18

Примітки: $r = 0,91-0,99$ – зв’язок дуже високий; $r = 0,71-0,90$ – зв’язок високий; $r = 0,51-0,70$ – зв’язок значний; $r = 0,31-0,50$ – зв’язок помірний; $r = 0-0,30$ – зв’язок слабкий (у відповідності зі шкалою Чеддока).

Встановлено, що ФА рослин початкових етапів життєвого циклу усіх таксонів містить найвищу концентрацію пігментів, зокрема: *G. lutea* – 204,56 (2017 р.) і 203,65 мг/100 г (2018 р.), *G. punctata* – 178,55 і 171,16 мг/100 г відповідно, *G. acaulis* – 174,54 і 166,16 мг/100 г відповідно, що вище на 5,55–22,72 % (за винятком іматурних рослин *G. lutea* у 2018 р), ніж загальний вміст пігментів у генеративних особинах. Високий вміст *Chl a* у рослин початкових етапів онтогенезу, ймовірно, є адаптивною ознакою, зумовленою необхідністю максимально швидко накопичити запас поживних речовин в умовах короткого вегетаційного періоду. Це значно підвищує шанси таких рослин на виживання в екстремальних умовах високогір’я. Саме тому, можливо, в іматурних рослин *G. lutea* листові розетки упродовж зими залишаються зеленими [15]; а вид *G. acaulis* – належить до зимозеленої групи рослин [17]. Відомо, що у тканинах зимозелених високогірних видів у несприятливий період утворюється міцний хлорофіл-білково-ліпідний комплекс, а завдяки збереженим під сніговим покривом зеленим листкам рослини здатні до фотосинтезу відразу після танення снігу [1]. Із необхідністю підтримувати високий рівень фотосинтезу, ймовірно, пов’язаний й високий вміст *Chl b* і *Carot* у СЗК фотосистем іматурних рослинах досліджуваних видів. На віргінільному етапі у рослин усіх таксонів загальний вміст пігментів дещо зменшується; знижується й кількість *Chl a*. Лише у рослин *G. acaulis* показники співвідношення *Chl a* до *Chl b* зростають, порівняно із іматурними особинами, що вказує на адаптацію до більш екстремальних умов росту в умовах ще коротшого вегетаційного періоду. На генеративному етапі, як вже зазначалося, у рослинах усіх видів зростає як загальний вміст пігментів, так й кількість *Chl a*. На нашу думку, це обумовлено посиленням синтезу вуглеводів та їх перенаправленням у репродуктивні органи. На користь цього свідчить й властива усім дослідженим видам перерва у цвітінні [6; 21, с. 65;], що дозволяє їм відновити запас поживних речовин, необхідний для забезпечення повноцінного цвітіння та розвитку насіння. Необхідно відзначити, що незважаючи на значний діапазон

варіювання даних, лише рослини *G. lutea* за показниками вмісту *Chl a* і *Chl b*, як у розрізі вікових груп, так й років дослідження статично значимо не відрізняються (рис. 1). Статистично достовірною відмінністю цих та інших досліджуваних показників (рис. 1, табл. 1) у видів *G. punctata* та *G. acaulis* є доволі високою ($P < 0,001$).

Одним із завдань наших досліджень є визначення залежності вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах високогірних видів роду *Gentiana* від зміни температурного та водного режимів їх існування, оскільки з 2005–2006 рр. у високогір'ї Українських Карпат спостерігають кліматичні зміни [7].

Відомо, що температурний діапазон двох літніх місяців – червня та липня – у найбільшій мірі визначає продуктивність гірських рослин, зокрема, *G. lutea* [24, 31], та, відповідно, й пов'язаний з нею вміст фотосинтетичних пігментів. Тому, кореляційна залежність вмісту пігментів у рослинах та їхніх співвідношень від варіювання значень метеочинників (табл. 1) була досліджена саме у цей період вегетаційного сезону (табл. 2).

Таблиця 2

Метеорологічні дані Сніголавинної станції «Пожижевська» Івано-Франківського центру з гідрометеорології Державної служби з надзвичайних ситуацій у районі досліджень

Рік	Місяць	Температура повітря, °C			Температура на поверхні ґрунту, °C			Температура ґрунту на глибині 10 см, °C			Відносна вологість повітря, %	Сума опадів, мм
		Сер.	Макс	Мін	Сер.	Макс	Мін	Сер.	Макс	Мін		
2017	червень	12,2	15,4	9,1	13	24	6	13,2	22,0	6,6	75	171,9
	липень	12,9	16,5	9,9	15	27	7	14,3	22,5	8,0	76	82,9
2018	червень	12,0	14,8	9,5	13	22	8	12,6	18,5	8,5	85	285,9
	липень	12,5	14,8	10,5	14	22	9	13,2	17,5	8,4	86	212,4

Відомо, що пасторальне навантаження змінює умови існування рослин високогірних ценозів. Встановлено, що за випасу у рослин *G. straminea* змінюється реакція ФА на потепління [45]. Досліджувані локалітети росту видів *G. lutea*, *G. punctata* та *G. acaulis* розташовані у зоні абсолютного заповідання, на території Карпатського національного природного парку, що дозволяє мінімізувати ризик впливу пасторального навантаження на функціонування їх ФА.

Аналіз результатів кореляційного аналізу показав різний ступінь реакції ФА досліджуваних видів на зміну метеорологічних умов їх росту (табл. 2). Так, встановлено, що вміст *Chl a* і *Carot* у рослин виду *G. lutea* у значній мірі залежить від суми опадів ($r = 0,58$, $r = 0,64$, відповідно), а *Chl b* – від вологості повітря ($r = 0,52$). Саме тому, у 2018 р. за збільшення суми опадів і, відповідно, й кількості похмурих днів, зростає й вміст зазначених вище пігментів. Щодо температурного режиму, то кількість *Chl a* і *Carot* у рослин цього таксону має зворотну залежність від показників середньої температури у повітрі ($r = -0,59$, $r = -0,79$), на поверхні ґрунту ($r = -0,50$, $r = -0,72$) та на глибині 10 см ($r = -0,56$, $r = -0,67$). Значний позитивний зв'язок виявлено між вмістом *Chl b* і показниками мінімальної температури повітря ($r = 0,67$), температури на поверхні ґрунту ($r = 0,66$) та на глибині 10 см ($r = 0,59$). Отримані результати показують значну залежність вмісту пігментів від зміни температурних і водних режимів місць росту *G. lutea* та, відповідно, підтверджують висновки інших вчених [25], що аридність клімату та пов'язане з цим підвищення температури може призводити до зникнення цього виду зі складу високогірних флор. Що ж стосується інших видів, то між вмістом *Chl a* і *Chl b* у ФА рослин *G. punctata* та температурним і водним режимами їх росту не виявлено зв'язку, однак існує дуже висока позитивна кореляційна залежність між *Carot* і температурними показниками повітря ($r = 0,94$), поверхні ґрунту ($r = 0,90$) і температурою на глибині ґрунту 10 см ($r = 0,96$) та негативна – між вмістом *Carot* і відносною вологістю повітря ($r = -0,90$) та загальною сумою опадів ($r = -0,59$). Можна припустити, що збільшення кількості каротиноїдів за умов підвищення температури, зменшення вологості повітря і кількості опадів є адаптивним захисним механізмом у відповідь на надмірну інсоляцію та дефіцит вологи, що характерні для вищих гіпсометричних рівнів.

Аналогічні тенденції властиві й пігментному комплексу рослин *G. acaulis*, з тією відмінністю, що вміст їх *Carot* дещо у меншій мірі залежить від середньої температури поверхні ґрунту ($r = 0,59$) та мінімальних її значень на глибині ґрунту 10 см ($r = 0,53$); ще менший зв'язок існує між сумою каротиноїдів та середніми ($r = 0,47$) і мінімальними ($r = 0,46$) значеннями температури повітря. Між вмістом пігментів у ФА цього виду та вологістю повітря і кількістю опадів зв'язок відсутній. Результати кореляційного аналізу підтверджують висловлене нами вище припущення, що життєдіяльність і лабільність вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах *G. punctata* і *G. acaulis* у найбільшій мірі визначає підвищення рівня сонячної інсоляції у локалітетах росту. Проте існування кореляції між вмістом *Carot* і терморезимом місць росту видів, а також водним режимом дозволяє припустити залежність цих видів від глобальних кліматичних змін.

Висновки

Встановлено, що вміст пігментів у рослинах високогірних видів роду *Gentiana* L. визначають еколого-географічні умови їх росту. Виявлено, що протягом онтогенезу кількість пігментів у рослинах *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis* значно варіює, зокрема: найвищою вона є у іматурних і генеративних особин. Ймовірно, це пов'язано із необхідністю підтримання високої інтенсивності фотосинтезу рослинами цих вікових груп. На початкових етапах онтогенезу це дозволяє максимально швидко накопичити запас поживних речовин в умовах короткого вегетаційного періоду та підвищує шанси особин на виживання у екстремальних кліматичних умовах; на генеративному періоді – забезпечує повноцінне цвітіння та розвиток насіння. Результати кореляційного аналізу залежності вмісту пігментів у фотосинтетичному апараті від температурного і водного режимів росту видів дозволили підтвердити висновки інших вчених, що глобальні кліматичні зміни можуть призвести до зникнення виду *G. lutea* зі складу високогірних флор. Крім того, зроблено припущення, що життєдіяльність і вміст пігментів у рослин видів *G. punctata* і *G. acaulis* у найбільшій мірі залежить від інтенсивності сонячної інсоляції, проте на суму каротиноїдів у їх пігментному комплексі впливає й зміна інших метеочинників. Тому, види *G. punctata* і *G. acaulis* не можна віднести до групи кліматично індіферентних.

1. Астамирова М. А.-М. Анатомо-фізіологіческие адаптации криофильных растений центральной и восточной части главного Кавказского хребта / М. А.-М. Астамирова, М. У. Умаров, М. А. Тайсумов // Вестник КрасГАУ. — 2016. — № 11. — С. 114—122.
2. Білонога В. М. Вплив фрагментації на структурно-функціональну організацію популяцій рослин / В. М. Білонога // Наукові записки державного природознавчого музею. — 2015. — Вип. 31. — С.73—80.
3. Войцехівська О. В. Фізіологія рослин: навчальний практикум / О. В. Войцехівська, А. В. Капустян, О. І. Косик та ін. [За заг.ред. Т. В. Паршикової] — Луцьк : Терен, 2010. — 420 с.
4. Волков И.В. Введение в экологию высокогорных растений: Учебное пособие / Волков Игорь Вячеславович. — Томск: Из-во ТГПУ, 2006. — 416 с., 2-е изд., перераб. и доп.
5. Иванов Л. А. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале / Л. А. Иванов, Л. А. Иванова, Д. А. Ронжина, П. К. Юдина // Физиология растений. — 2013. — Т. 60, № 6. — С. 856—864.
6. Кияк В. Г. Варіабельність онтогенезу особин у популяціях рідкісних видів рослин високогір'я Українських Карпат / В. Г. Кияк // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. — 2012. — Т. 3(10), № 1. — С. 77—92.
7. Кияк В. Г. Кліматогенні загрози популяціям рідкісних і ендемічних видів рослин високогір'я Українських Карпат / В. Г. Кияк, В. Штупун, В. М. Білонога // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2016. — Вип. 74. — С. 104—115.
8. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат : монографія / Дідух Я. П., Чорней І. І., Буджак В. В. та ін ; наук.ред. Я. П. Дідух, І. І. Чорней. — Чернівці : Друк Арт, 2016. — 280 с.
9. Кушинська М. С. Консорти-запилювачі генеративних особин видів роду *Gentiana* L. на головному чорногірському хребті Українських Карпат / М. С. Кушинська, Й. В. Царик // Екологія і ноосферологія. — 2013. — Т. 24, № 1—2. — С. 28—39.

10. Кушинська М. Консортивна структура представників роду *Gentiana* L. у високогір'ї Українських Карпат / М. Кушинська // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. — 2010. — Вип. 52. — С. 117—125.
11. Лебедева Т. С. Пигменты растительного мира / Т. С. Лебедева, К. М. Сытник — К.: Наукова думка, 1986. — С. 72—79.
12. Маргітай Л. Г. Аналіз результатів спектрофотометричного дослідження вмісту фотосинтезувальних пігментів у листках рослин із застосуванням комп'ютерних програм / Л. Г. Маргітай, Б. Паляниця, О. Терек // Вісник Львів. ун-ту. Серія : Біологія. — 2006. — № 41. — С. 123—131.
13. Межунц Б. Х. Количественная характеристика фотосинтетических пигментов травяных растений горных экосистем Армении / Б. Х. Межунц, М. А. Навасардян // Вестник Тюменского государственного университета. — 2012. — № 12. — С. 220—226.
14. Межунц Б. Х. Применение диметилсульфоксида в качестве растворителя фотосинтетических пигментов в полевых условиях / Б. Х. Межунц // Известия. — 2009. — № 3. — С. 40—43.
15. Москалюк Б. І. Збереження *Gentiana lutea* L. в природі з використанням культури *ex situ* / Б.І. Москалюк // Промышленная ботаника. — 2013. — Вип. 13. — С. 80—84.
16. Мутыгуллина Ю. Р. Динамика содержания и роль пигментов фотосинтеза у видов рода *Dianthus* L. флоры Предкавказья / Ю. Р. Мутыгуллина // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. — 2009. — № 1. — С. 52—55.
17. Прокопів А. І. Анатомічна організація коренів і структура пагонових систем тирличів (*Gentiana* L., *Gentianaceae* Juss.): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка». — К., 1997. — 24 с.
18. Рибченко Л. С. Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні / Л.С. Рибченко, С. В. Савчук // Український географічний журнал — 2015. — № 4. — С. 16—23.
19. Саргсян Т. А. Исследование фотосинтетических пигментов травяных растений горы Арагац / Т.А. Саргсян, М. А. Навасардян, Б. Х. Межунц // Биолог. журн. Армении. — 2017. — Т. 1, № 69. — С. 58—62.
20. Сиваш О. О. Хлорофілазна активність і пігментний склад листків рослин різних ярусів широколистяного лісу / О. О. Сиваш, Р. Н. Фомішина, Т. О. Захарова, О. К. Золотарьова. // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. — 2016. — Вип. 2 (38). — С. 75—83.
21. Структура популяцій рідкісних видів флори Карпат / [К. А. Малиновський, Й. В. Царик, Г. Г. Жилиєв та ін.]. — К.: Наук. думка, 1998. — 176 с.
22. Тирлич жовтий (*Gentiana lutea* L.) в Українських Карпатах / [М. І. Бедей, О. П. Крись, М. І. Волощук, І. А. Маханець]. — Ужгород, 2010. — 132 с.
23. Фелалиев Р. С. Оптические свойства и содержание пигментов в листьях растений в зависимости от экологических факторов высокогорья Памира: автореф. дисс. на соиск. степ. канд. биол. наук: спец. 03.00.12 «Физиология и биохимия растений». — Душанбе, 2009. — 22 с.
24. Abeli T. Effect of the extreme summer heat waves on isolated populations of two orophitic plants in the north Apennines (Italy) / T. Abeli, G. Rossi, R. Gentili, M. Gandini, A. Mondoni, P. Cristofanelli // Nordic Journal of Botany. — 2012. — Vol. 30. — P. 109—115.
25. Aiello N. La coltivazione di *Gentiana lutea* L. in ambienti semiaridi del Trentino meridionale e dell'Appennino settentrionale e centrale / N. Aiello, A. Bezzi // Annali dell'Istituto sperimentale per l'assessamento forestale e per l'apicoltura. — 1989. — Vol. 9. — T. 237—264.
26. Alsos I. G. Genetic consequences of climate change for northern plants / I. G. Alsos, D. Ehrlich, W. Thuiller, P. B. Eidesen, A. Tribsch, P. Schönswetter, C. Lagaye, P. Taberlet, Ch. Brochmann // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. — 2012. — Vol. 279, № 1735. — P. 2042—2051.
27. Bodin J. Observed changes in mountain vegetation of the Alps during the XX th century—Role of climate and land-use changes. Ecology, environment / J. Bodin. — Université Henri Poincaré-NancyI; Universität Hannover, 2010. — 211 с.
28. Bracchetti L. Land-cover changes in a remote area of central Apennines (Italy) and management directions / L. Bracchetti, L. Carotenuto, A. Catorci // Landscape and Urban Planning. — 2012. — Vol. 104. — P. 157—170.
29. Catorci A. Pedo-climatic and land use preferences of *Gentiana lutea* subsp. *lutea* in central Italy / Andrea Catorci, Karina Piermarteri, Federico M. Tardella // Plant Ecology and Evolution. — 2014. — Vol. 147, № 2. — P. 176—186.
30. Challinor A. Adaptation of crops to climate change through genotypic responses to mean and extreme temperatures / A. Challinor, T. Wheeler, P. Craufurd, C. Ferro, D. Stephenson // Agric. Ecosyst. Environ. — 2007. — Vol. 119. — P. 190—204.

31. Cuena-Lombrana A. Integrated in situ and ex situ approach for *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* conservation. [Doctoral Thesis] — Università degli Studi di Cagliari, 2016.
32. Cuena-Lombrana A. The impact of climatic variations on the reproductive success of *Gentiana lutea* L. in a Mediterranean mountain area / Alba Cuena-Lombrana, Mauro Fois, Giuseppe Fenu, Donatella Cogoni, Gianluigi Bacchetta // International Journal of Biometeorology. — 2018. — Vol. 62, № 7. — P. 1283—1295.
33. Gholamin R. The effect of end season drought stress on the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters and yield in maize cultivars / R. Gholamin, M. Khayatnezhad // Sci. Res. Essay. — 2011. — Vol. 6. — P. 5351—5357.
34. Giorgi F. Climate change projections for the Mediterranean region / F. Giorgi, P. Lionello // Global and Planetary Change. — 2008. — Vol. 63, № 2. — P. 90—104.
35. Gong J. Ecophysiological responses of three tree species to a high-altitude environment in the southeastern tibetan plateau / J. Gong, Z. Zhang, C. Zhang, J. Zhang, A. Ran // Forests. — 2018. — Vol. 9, № 2. — P. 48.
36. Hailemichael G. Relationships between Water Status, Leaf Chlorophyll Content and Photosynthetic Performance in Tempranillo Vineyards / G. Hailemichael, A. Catalina, M. R. González, P. Martin // S. Afr. J. Enol. Vitic. — 2016. — Vol. 37, № 2. — P. 149—157.
37. Hatfield J. L. Temperature extremes: Effect on plant growth and development / J. L. Hatfield, J. H. Prueger // Weather Clim. Extrem. — 2015. — Vol. 10. — P. 4—10.
38. Kobiv Yu. Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians / Yu. Kobiv // Folia Geobot. — 2017. — Vol. 52. — P. 217—226.
39. Machado M. R. Plant cells in the context of climate change / M. R. Machado // Brazilian Archives of Biology and Technology. — 2014. — Vol. 57, № 1. — P. 126-137.
40. Mafakheri A. B. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars / A. B. Mafakheri, P. C. Siosemardeh, Y. Bahramnejad, T. Struik, S. Sohrabi // Aust. J. Crop Sci. — 2010. — Vol. 4. — P. 580—585.
41. Menghini A. Un quinquennio di coltivazione sperimentale di *Gentiana lutea* L. in provincia di Rieti. In: Genziana e specie amaro-aromatiche / A. Menghini, N. Pocceschi, G. M. Matteini // L'uomo e l'ambiente. — 1996. — Vol. 19. — T. 163—166.
42. Nxawe S. Possible effects of regulating hydroponic water temperature on plant growth, accumulation of nutrients and other metabolites / S. Nxawe, P. A. Ndakidemi, C. P. Laubscher // African Journal of Biotechnology. — 2010. — Vol. 9, № 54. — P. 9128—9134.
43. Raza A. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review / A. Raza, A. Razzaq, S. S. Mehmood, X. Zou, X. Zhang, Ya. Lv, J. Xu // Plants. — 2019. — Vol. 8, № 2. — P. 34.
44. Savo V. Long-term changes in precipitation and temperature patterns and their possible impacts on vegetation (Tolfa-Cerite area, central Italy) / V. Savo, E. De Zuliani, L. Salvati, L. Perini, G. Caneva // Applied Ecology and Environmental Research. — 2012. — Vol. 10. — P. 243—266.
45. Shen H. Grazing alters warming effects on leaf photosynthesis and respiration in *Gentiana straminea*, an alpine forb species / H. Shen, S. Wang, Y. Tang // Journal of Plant Ecology. — 2013. — Vol. 6, № 5. — P. 418—427.
46. Top S. M. Climate influences the content and chemical composition of foliar tannins in green and senesced tissues of *Quercus rubra* / S. M. Top, C. M. Preston, J. S. Dukes, N. Tharayil // Front Plant Sci. — 2017. — Vol. 8. — P. 423.
47. Yudina P. K. Variation of leaf traits and pigment content in three species of steppe plants depending on the climate aridity / P. K. Yudina, L. A. Ivanova, D. A. Ronzhina, N. V. Zolotareva, L. A. Ivanov // Russian Journal of Plant Physiology. — 2017. — Vol. 64, № 3. — P. 410—422.

References

1. Astamirova M. A.-M. Anatomico-fiziologicheskie adaptatsii kriofil'nykh rasteniy tsentral'noy i vostochnoy chasti glavnogo Kavkazskogo khrebta / M. A.-M. Astamirova, M. U. Umarov, M. A. Taysumov // Vestnik KrasGAU. — 2016. — No 11. — S. 114—122. (in Russian).
2. Bilonoha V. M. Vplyv frahmentatsii na strukturno-funktsional'nu orhanizatsiiu populiatsiy roslyn / V. M. Bilonoha // Naukovi zapysky derzhavnoho pryrodoznavchoho muzeiu. — 2015. — Vyp. 31. — S. 73—80. (in Ukrainian).
3. Voytsekhivs'ka O. V. Fiziologhiia roslyn: navchal'nyy praktykum / O. V. Voytsekhivs'ka, A. V. Kapustian, O. I. Kosyk ta in. [Za zah.red. T. V. Parshykovoi] — Luts'k : Teren, 2010. — 420 s. (in Ukrainian).

4. Volkov I.V. Vvedenie v ekologiiu vysokogornykh rasteniy: Uchebnoe posobie / Volkov Igor' Viacheslavovich. — Tomsk: Iz-vo TGPU, 2006. — 416 s., 2-e izd., pererab. i dop. (in Russian).
5. Ivanov L. A. Izmenenie sodержaniia khlorofillov i karotinoidov v list'iakh stepnykh rasteniy vdol' shirotnogo gradianta na Iuzhnom Urale / L. A. Ivanov, L. A. Ivanova, D. A. Ronzhina, P. K. Iudina // Fiziologiiia rasteniy. — 2013. — T. 60, No 6. — S. 856—864. (in Russian).
6. Kyiak V. H. Variabel'nist' ontogenezu osobyn u populiatsiiakh ridkisykh vydiv roslyn vysokohir'ia Ukrains'kykh Karpat / V. H. Kyiak // Naukovi osnovy zberezhennia biotychnoi riznomanitnosti. — 2012. — T. 3(10), No 1. — S. 77—92. (in Ukrainian).
7. Kyiak V. H. Klimatohenni zahrozy populiatsiiam ridkisykh i endemichnykh vydiv roslyn vysokohir'ia Ukrains'kykh Karpat / V. H. Kyiak, V. Shtupun, V. M. Bilonoha // Visnyk L'vivs'koho universytetu. Seriiia biolohichna. — 2016. — Vyp. 74. — S. 104—115. (in Ukrainian).
8. Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrains'kykh Karpat : monohrafiia / Didukh Ya. P., Chorney I. I., Budzhak V. V. ta in ; nauk.red. Ya. P. Didukh, I. I. Chorney. — Chernivtsi : Druk Art, 2016. — 280 s. (in Ukrainian).
9. Kushyns'ka M. Ie. Konsorty-zapyliuvachi heneratyvnykh osobyn vydiv rodu *Gentiana* L. na holovnomu chornohirs'komu khrebtii Ukrains'kykh Karpat / M. Ie. Kushyns'ka, Y. V. Tsaryk // Ekolohiia i noosferolohiia. — 2013. — T. 24, No 1—2. — S. 28—39. (in Ukrainian).
10. Kushyns'ka M. Konsortyvna struktura predstavnykiv rodu *Gentiana* L. u vysokohir'i Ukrains'kykh Karpat / M. Kushyns'ka // Visnyk L'viv. un-tu. Seriiia biolohichna. — 2010. — Vyp. 52. — S. 117—125. (in Ukrainian).
11. Lebedeva T. S. Pigmenty rastitel'nogo mira / T. S. Lebedeva, K. M. Sytnik — K.: Naukova dumka, 1986. — S. 72—79. (in Russian).
12. Marhitay L. H. Analiz rezul'tativ spektrofotometrychnoho doslidzhennia vmistu fotosyntezuval'nykh pihmentiv u lystkakh roslyn iz zastosuvanniam komp'iu ternykh prohram / L. H. Marhitay, B. Palianytsia, O. Terek // Visnyk L'viv. un-tu. Seriiia : Biolohiia. — 2006. — No 41. — S. 123—131. (in Ukrainian).
13. Mez Hunts B. Kh. Kolichestvennaia kharakteristika fotosinteticheskikh pigmentov travianykh rasteniy gornykh ekosistem Armenii / B. Kh. Mez Hunts, M. A. Navasardian // Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta. — 2012. — No 12. — S. 220—226. (in Russian).
14. Mez Hunts B. Kh. Primenenie dimetilsul'foksida v kachestve rastvoritel'ia fotosinteticheskikh pigmentov v polevykh usloviiah / B. Kh. Mez Hunts // Izvestiia. — 2009. — No 3. — S. 40—43. (in Russian).
15. Moskaliuk B. I. Zberezhennia *Gentiana lutea* L. v pryrodii z vykorystanniam kul'tury *ex situ* / B.I. Moskaliuk // Promyshlennaia botanyka. — 2013. — Vyp. 13. — S. 80—84. (in Ukrainian).
16. Mutygullina Iu. R. Dinamika sodержaniia i rol' pigmentov fotosinteza u vidov rodu *Dianthus* L. flory Predkavkaz'ia / Iu. R. Mutygullina // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriiia: Estestvennye nauki. — 2009. — No 1. — S. 52—55. (in Russian).
17. Prokopiv A. I. Anatomichna orhanizatsiia koreniv i struktura pahonovykh system tyrlychiv (*Gentiana* L., Gentianaceae Juss.): avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk: spets. 03.00.05 «Botanika». — K., 1997. — 24 s. (in Ukrainian).
18. Rybchenko L. S. Potentsial helioenerhetychnykh klimatychnykh resursiv soniachnoi radiatsii v Ukraini / L.S. Rybchenko, S. V. Savchuk // Ukrains'kyy heohrafichnyy zhurnal — 2015. — No 4. — S. 16—23. (in Ukrainian).
19. Sargsian T. A. Issledovanie fotosinteticheskikh pigmentov travianykh rasteniy gory Aragats / T.A. Sargsian, M. A. Navasardian, B. Kh. Mez Hunts // Biolog. zhurn. Armenii. — 2017. — T. 1, No 69. — S. 58—62. (in Russian).
20. Syvash O. O. Khlorofilazna aktyvnist' i pihmentnyy sklad lystkiv roslyn riznykh iarusiv shyrokolystianoho lisu / O. O. Syvash, R. N. Fomishyna, T. O. Zakharova, O. K. Zolotar'ova. // Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriiia biolohiia. — 2016. — Vyp. 2 (38). — S. 75—83. (in Ukrainian).
21. Struktura populiatsiy ridkisykh vydiv flory Karpat / [K. A Malynovs'kyy, Y. V. Tsaryk, H. H. Zhyliaiev ta in.]. — K.: Nauk. dumka, 1998. — 176 s. (in Ukrainian).
22. Tyrlych zhovtyy (*Gentiana lutea* L.) v Ukrains'kykh Karpatakh / [M. I. Bedey, O. P. Krys', M.I. Voloshchuk, I. A. Makhanets']. — Uzhhorod, 2010. — 132 s. (in Ukrainian).
23. Felaliev R. S. Opticheskie svoystva i sodержanie pigmentov v list'iakh rasteniy v zavisimosti ot ekologicheskikh faktorov vysokogor'ia Pamira: avtoref. diss. na soisk. step. kand. biol. nauk: spets. 03.00.12 «Fiziologiiia i biokhimiia rasteniy». — Dushanbe, 2009. — 22 s. (in Russian).

24. Abeli T. Effect of the extreme summer heat waves on isolated populations of two orophitic plants in the north Apennines (Italy) / T. Abeli, G. Rossi, R. Gentili, M. Gandini, A. Mondoni, P. Cristofanelli // *Nordic Journal of Botany*. — 2012. — Vol. 30. — P. 109—115.
25. Aiello N. La coltivazione di *Gentiana lutea* L. in ambienti semiaridi del Trentino meridionale e dell'Appennino settentrionale e centrale / N. Aiello, A. Bezzi // *Annali dell'Istituto sperimentale per l'assessamento forestale e per l'apicoltura*. — 1989. — Vol. 9. — T. 237—264.
26. Alsos I. G. Genetic consequences of climate change for northern plants / I. G. Alsos, D. Ehrich, W. Thuiller, P. B. Eidesen, A. Tribsch, P. Schönswetter, C. Lagaye, P. Taberlet, Ch. Brochmann // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. — 2012. — Vol. 279, № 1735. — P. 2042—2051.
27. Bodin J. Observed changes in mountain vegetation of the Alps during the XX th century—Role of climate and land-use changes. *Ecology, environment* / J. Bodin. — Université Henri Poincaré-Nancy I; Universität Hannover, 2010. — 211 c.
28. Bracchetti L. Land-cover changes in a remote area of central Apennines (Italy) and management directions / L. Bracchetti, L. Carotenuto, A. Catorci // *Landscape and Urban Planning*. — 2012. — Vol. 104. — P. 157—170.
29. Catorci A. Pedo-climatic and land use preferences of *Gentiana lutea* subsp. *lutea* in central Italy / Andrea Catorci, Karina Piermarteri, Federico M. Tardella // *Plant Ecology and Evolution*. — 2014. — Vol. 147, № 2. — P. 176—186.
30. Challinor A. Adaptation of crops to climate change through genotypic responses to mean and extreme temperatures / A. Challinor, T. Wheeler, P. Craufurd, C. Ferro, D. Stephenson // *Agric. Ecosyst. Environ.* — 2007. — Vol. 119. — P. 190—204.
31. Cuena-Lombrana A. Integrated in situ and ex situ approach for *Gentiana lutea* L. ssp. *lutea* conservation. [Doctoral Thesis] — Università degli Studi di Cagliari, 2016.
32. Cuena-Lombrana A. The impact of climatic variations on the reproductive success of *Gentiana lutea* L. in a Mediterranean mountain area / Alba Cuena-Lombrana, Mauro Fois, Giuseppe Fenu, Donatella Cogoni, Gianluigi Bacchetta // *International Journal of Biometeorology*. — 2018. — Vol. 62, № 7. — P. 1283—1295.
33. Gholamin R. The effect of end season drought stress on the chlorophyll content, chlorophyll fluorescence parameters and yield in maize cultivars / R. Gholamin, M. Khayatnezhad // *Sci. Res. Essay*. — 2011. — Vol. 6. — P. 5351—5357.
34. Giorgi F. Climate change projections for the Mediterranean region / F. Giorgi, P. Lionello // *Global and Planetary Change*. — 2008. — Vol. 63, № 2. — P. 90—104.
35. Gong J. Ecophysiological responses of three tree species to a high-altitude environment in the southeastern tibetan plateau / J. Gong, Z. Zhang, C. Zhang, J. Zhang, A. Ran // *Forests*. — 2018. — Vol. 9, № 2. — 48.
36. Hailemichael G. Relationships between Water Status, Leaf Chlorophyll Content and Photosynthetic Performance in Tempranillo Vineyards / G. Hailemichael, A. Catalina, M. R. González, P. Martin // *S. Afr. J. Enol. Vitic.* — 2016. — Vol. 37, № 2. — P. 149—157.
37. Hatfield J. L. Temperature extremes: Effect on plant growth and development / J. L. Hatfield, J. H. Prueger // *Weather Clim. Extrem.* — 2015. — Vol. 10. — P. 4—10.
38. Kobiv Yu. Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians / Yu. Kobiv // *Folia Geobot.* — 2017. — Vol. 52. — P. 217—226.
39. Machado M. R. Plant cells in the context of climate change / M. R. Machado // *Brazilian Archives of Biology and Technology*. — 2014. — Vol. 57, № 1. — P. 126-137.
40. Mafakheri A. B. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars / A. B. Mafakheri, P. C. Siosemardeh, Y. Bahramnejad, T. Struik, S. Sohrabi // *Aust. J. Crop Sci.* — 2010. — Vol. 4. — P. 580—585.
41. Menghini A. Un quinquennio di coltivazione sperimentale di *Gentiana lutea* L. in provincia di Rieti. In: *Genziana e specie amaro-aromatiche* / A. Menghini, N. Pocceschi, G. M. Matteini // *L'uomo e l'ambiente*. — 1996. — Vol. 19. — T. 163—166.
42. Nxawe S. Possible effects of regulating hydroponic water temperature on plant growth, accumulation of nutrients and other metabolites / S. Nxawe, P. A. Ndakidemi, C. P. Laubscher // *African Journal of Biotechnology*. — 2010. — Vol. 9, № 54. — P. 9128—9134.
43. Raza A. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review / A. Raza, A. Razzaq, S. S. Mehmood, X. Zou, X. Zhang, Ya. Lv, J. Xu // *Plants*. — 2019. — Vol. 8, № 2. — 34.
44. Savo V. Long-term changes in precipitation and temperature patterns and their possible impacts on vegetation (Tolfa-Cerite area, central Italy) / V. Savo, E. De Zuliani, L. Salvati, L. Perini, G. Caneva // *Applied Ecology and Environmental Research*. — 2012. — Vol. 10. — P. 243—266.

45. Shen H. Grazing alters warming effects on leaf photosynthesis and respiration in *Gentiana straminea*, an alpine forb species / H. Shen, S. Wang, Y. Tang // Journal of Plant Ecology. — 2013. — Vol. 6, № 5. — P. 418—427.
46. Top S. M. Climate influences the content and chemical composition of foliar tannins in green and senesced tissues of *Quercus rubra* / S. M. Top, C. M. Preston, J. S. Dukes, N. Tharayil // Front Plant Sci. — 2017. — Vol. 8. — 423.
47. Yudina P. K. Variation of leaf traits and pigment content in three species of steppe plants depending on the climate aridity / P. K. Yudina, L. A. Ivanova, D. A. Ronzhina, N. V. Zolotareva, L. A. Ivanov // Russian Journal of Plant Physiology. — 2017. — Vol. 64, № 3. — P. 410—422.

L.R. Hrytsak, N.V. Nuzhyna, N.M. Drobyk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

Educational and Scientific Centre “Institute of Biology and Medicine” of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

PECULIARITIES OF PIGMENT COMPLEX OF GENTIANA L. HIGH-MOUNTAIN SPECIES OF UKRAINIAN CARPATHIANS FLORA

High-mountain species, including species of *Gentiana* L. genus, have a narrow range of tolerance to many environmental factors. By the beginning of the 21st century, the reduction of their habitats in the flora of the Ukrainian Carpathians was related only to scientifically ungrounded harvesting of medicinal raw materials and pastoral practices. However, in recent decades, climate change has become one of major threats. It is known that *Gentiana lutea* L., *Gentiana punctata* L., and *Gentiana acaulis* L. species are susceptible to the change of thermal regime of their habitats even by 2% (0.5 °C or 100 J / m²). In response to the rise in the air and soil temperature and decrease in the amount of available groundwater, there is a decrease in the morphometric parameters of the vegetative organs of plants of *G. lutea*, their reproductive capacity, which also testifies to a decrease in the productivity of individual species, which depends on the photosynthetic apparatus (FA). Therefore, the research work aims to study the characteristics and contents of photosynthetic pigments and their correlation in plants of different age groups of high-mountain species of *G. lutea*, *G. punctata*, *G. acaulis*, as well as their concentration variations caused by temperature and water regime changes. These research studies do not only lay a groundwork for a more thorough analysis of the ecophysiology of these taxa, but also contribute to a successful implementation of programs for the re-introduction of their populations in the mountainous regions of the Ukrainian Carpathians under the conditions of climate change and global warming. The results of studies conducted in 2017–2018 demonstrate that the composition of pigments in FA plants of given species depends on the ecological and geographical conditions of their growth and the stage of ontogenesis. It has been revealed that immature and generative plants of all species contain the highest concentrations of pigments. This is due to the necessity to accumulate the nutrients as fast as possible in the short growing season and to ensure the survival, flowering and fruiting of individuals in extreme climate conditions. The study of the results of the correlation analysis showed a different degree of FA response in the given species to the change in the meteorological conditions. It has been discovered that the content of Chl *a* and Carot in *G. lutea* species depends on the amount of precipitation ($r = 0.58$, $r = 0.64$, respectively), and Chl *b* – on air humidity ($r = 0.52$). Therefore, due to the increase in the air temperature, the climate aridity can lead to the disappearance of this species. *G. punctata* and *G. acaulis* species showed a positive correlation between the contents of Carot and air and soil temperature numbers, by which these species cannot be considered as indifferent to climate.

Key words: Gentiana L., photosynthetic pigments, correlation, climate change

Надійшла 06.02.2019.

С.В. ПОЛИВАНИЙ

Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського
вул. Острозького, 32, Вінниця, 21100
e-mail: stepan.polivaniy@ukr.net

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН МАКУ ОЛІЙНОГО

В умовах польового дослідження вивчали вплив хлормекватхлориду, трептолему та суміші трептолему і хлормекватхлориду на морфологічні особливості, накопичення та перерозподіл азоту, фосфору і калію рослинами маку олійного. Встановлено, що обробка рослин маку регуляторами росту інтенсифікувала галушення стебла, збільшувала кількість, площу та масу листків. Обробка трептолемом, хлормекватхлоридом, сумішшю препаратів призводила до потовщення основної асиміляційної тканини листка хлоренхіми внаслідок розростання її клітин. У результаті цих змін фотосинтетичного апарату суттєво підвищувався донорний потенціал рослин маку олійного. Внаслідок посиленого галушення стебла за дії препаратів закладалася додаткова кількість нових атрагуючих центрів – коробочок. Це спричинило перерозподіл надлишку елементів мінерального живлення в бік формування плодів.

Ключові слова: мак олійний (*Paraver somniferum* L.), регулятори росту рослин, мезоструктура листків, морфогенез, елементи мінерального живлення, продуктивність

Вивчення закономірностей функціонування донорно-акцепторної системи рослин з метою розробки засобів перерозподілу потоків асимілятів до господарсько-важливих органів є актуальним завданням сучасної фізіології рослин. Оскільки регулятори росту рослин суттєво впливають на морфогенез, з'являється можливість встановити, через які анатомо-морфологічні та фізіологічні зміни посилюється або послаблюється транспорт потоків асимілятів до різних органів і тканин рослини. Такий підхід дозволяє встановити не лише перерозподіл продуктів фотосинтезу між вегетативними та генеративними органами рослини, але й мінеральних елементів між ними при різній швидкості росту.

Разом з тим інформація щодо перерозподілу азотовмісних сполук між органами рослин у процесі вегетації за дії регуляторів росту досить суперечлива та розрізнена [11]. Зокрема, за дії хлормекватхлориду (ХМХ) підвищувався вміст білкового азоту в листках і стеблах соняшника [14]. Обробка рослин цукрового буряка різними концентраціями паклобутразолу також зумовлювала збільшення вмісту загального азоту в листках та зменшенні загальної кількості азоту в коренеплодах на кінець вегетації [17], а за обробки ріпаку препаратом встановлено, що в період цвітіння і росту стручків вміст білкового азоту в тканинах вегетативних органів зменшувався [13].

Препарати емістим С та агростимулін зумовлювали збільшення вмісту розчинних білків у листках і колосі пшениці [5]. Обробка емістимом С та агростимуліном також збільшує вміст азоту в рослин сої [18]. Разом з тим, емістим С не впливав або зменшував кількість білкового азоту у листках цукрового буряка [15], рослин люпину [10].

Таким чином, результати вивчення впливу різних типів регуляторів росту на вміст азоту у сільськогосподарських культур значною мірою суперечливі, а вплив регуляторів рослин на вміст азоту у рослин маку не вивчався зовсім.

Тому метою нашої роботи було з'ясувати вплив регуляторів росту на морфогенез рослин маку та накопичення і перерозподілу основних елементів мінерального живлення.

Матеріал і методи досліджень

Досліди проводили у 2012–2014 рр. в умовах Вінницької області на рослинах маку олійного сорту Беркут, рекомендованого для зон Лісостепу, Степу та Полісся України. Площа облікової

ділянки – 10 м², повторність дослідів п'ятикратна, ділянки розміщені рендомізовано. Рослини одноразово обробляли вранці у фенологічній стадії росту «бутонізація» водним розчином хлормекватхлориду 0,5%-ної концентрації (за діючою речовиною), трептолему концентрацією 0,035 мл/л та сумішшю 0,5%-го рочину хлормекватхлориду та трептолему (0,035 мл/л) до повного змочування листків за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2, контрольні рослини – водопровідною водою.

Морфометричні показники визначали кожні 10 днів, починаючи з дня обробки. Для біохімічного аналізу проби фіксували рідким азотом з наступним досушуванням у сушильній шафі при 85°C. Площу листків визначали ваговим методом [4]. Мезоструктурну організацію листка дослідних рослин вивчали на фіксованому матеріалі. Для його консервації застосовували суміш рівних частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1%-го формаліну. Визначення розмірів клітин і окремих тканин здійснювали за допомогою окулярного мікрометра МОВ-1-15х. Для цього використовували часткову мацерацію тканин листка. Як мацеруючий агент було обрано 5%-й розчин оцтової кислоти в 2 моль/л соляної кислоти [8]. Вміст фосфору визначали за утворенням фосфорно-молібденового комплексу, калію – полум'яно-фотометричним методом, загального азоту – методом Кельдаля [9]. Результати досліджень обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми «STATISTICA – 6». У таблицях і на рисунках подані середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки [3].

Результати досліджень та їх обговорення

Застосування трептолему та суміші препаратів у стадії бутонізації призводило до посилення лінійного росту пагонів, а препарат хлормекватхлорид проявляв на рослинах маку олійного типу рістгальмуючу дію. При цьому відбувалося достовірне потовщення стебла в усіх варіантах дослідів у порівнянні з контролем, що підвищувало стійкість рослин до полягання та створювало технологічні переваги при зборі урожаю (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив регуляторів росту на морфометричні показники рослин маку олійного (стадія воскової стиглості)

Показник	Контроль	Суміш препаратів	Трептолем 0,035 мл/л	ХМХ 0,5%-й
Висота рослин, см	104,45±1,77	*116,61±1,82	*112,59±1,65	*93,75±1,29
Діаметр стебла, мм	7,89±0,23	*9,26±0,27	*9,03±0,25	*9,24±0,31
Кількість пагонів другого порядку, шт.	2,49±0,09	*3,10±0,12	*2,97±0,12	*3,01±0,11
Кількість листків, шт.	19,18±0,49	*23,59±0,45	*22,76±0,47	*22,54±0,52
Маса сухої речовини листків, г	4,31±0,19	*5,16±0,17	*5,12±0,18	*5,09±0,20
Площа листків, дм ²	11,47±0,27	*14,12±0,35	*14,03±0,33	*13,98±0,32

Примітки: * – різниця достовірна при $P \leq 0,05$; суміш препаратів – трептолем (0,035 мл/л) + ХМХ 05%-й

Формування донорного потенціалу рослини насамперед пов'язане з розвитком листкового апарату [19, 20]. Ключову роль у продуктивності рослин відіграє фотосинтетична активність, яка значною мірою визначається площею листкової поверхні, кількістю і масою листків, мезоструктурною організацією листка. У результаті дослідження виявлено суттєву різницю за показниками кількості, площі і маси листків між рослинами дослідних і контрольних варіантів (табл. 1). За дії препаратів у період формування і росту коробочок зазначені вище показники були більшими у порівнянні з контролем, що свідчить про формування потужнішого донорного потенціалу фотосинтетичного апарату. Встановлено, що зростання загальної площі, кількості та маси листків у рослин дослідних варіантів зумовлене збільшенням кількості пагонів другого порядку в порівнянні з контролем.

Проте урожайність рослин залежить не лише від площі листкової поверхні, але й значною мірою від особливостей внутрішньої будови листка, які в науковій літературі називають «мезоструктурою». Виявлено, що за дії хлормекватхлориду відбувалося достовірне збільшення показника питомої маси листків, який характеризує масу одиниці площі листка, та зменшення цього показника у варіантах із використанням трептолему та суміші препаратів.

Аналіз мезоструктурної організації листків маку, оброблених регуляторами росту, свідчить про істотне зростання товщини листків у всіх дослідних варіантах за рахунок розростання асиміляційної паренхіми (хлоренхіми) – ключової фотосинтетичної тканини листків. Потовщення шару хлоренхіми відбувалося за рахунок кращого розвитку її клітин, лінійні розміри яких за дії суміші препаратів зростали у порівнянні з контролем (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на мезоструктуру рослин маку олійного (стадія молочної стиглості)

Показник	Контроль	Суміш препаратів	Трептолем 0,035 мл/л	ХМХ 0,5%-й
Маса одиниці площі листка г/дм ²	0,31±0,013	*0,263±0,011	0,297±0,011	*0,359±0,012
Товщина листка, мкм	233,3±5,91	*289,09±5,49	*267,1 ± 5,42	*292,6±5,99
Товщина хлоренхіми, мкм	127,5±2,93	*177,21±2,37	1*52,1 ± 2,12	*169,7±2,06
Довжина клітин хлоренхіми, мкм	43,7±0,92	*54,5±1,13	*50,1±1,41	*52,8±1,07
Ширина клітин хлоренхіми, мкм	22,9±0,84	*35,4±0,76	*31,9±0,93	*33,9±1,04
Вміст суми хлорофілів (а+в), % на масу сирої речовини	0,22±0,002	*0,26±0,003	*0,28±0,004	*0,25±0,003

Примітки: * – різниця достовірна при $P \leq 0,05$; суміш препаратів – трептолем (0,035 мл/л) + ХМХ 05%-й

При цьому необхідно відзначити що чітка диференціація асиміляційної паренхіми (хлоренхіми) на стовпчасту та губчасту у рослин маку олійного відсутня. Збільшення частки хлоренхіми в загальній структурі листків внаслідок формування більших за розмірами асиміляційних клітин за дії препаратів є позитивним чинником, який впливає на вміст пігментів та фотосинтетичні процеси. Отримані нами дані свідчать також, що застосовані препарати суттєво збільшують вміст хлорофілів у листках маку. Аналогічний вплив ретарданту паклобутразолу встановлено на рослини *Camelina sativa* L. Crantz [21].

У літературі є достатньо даних про те, що існує чітка залежність між інтенсивністю росту, фотосинтезу, дихання та азотним живленням рослин [7]. Дані щодо впливу регуляторів росту на вміст азоту в олійних культурах є поодинокими [13, 14].

Використання регуляторів росту на рослинах маку призводило до зменшенням вмісту загального азоту в коренях і листках як в контролі, так і в рослин дослідних варіантів (табл. 3).

Максимальна кількість азотовмісних речовин у листках і коренях відзначалася на початкових етапах дослідження, при цьому загальний вміст азоту у листках був значно вищим, порівняно з коренями. До кінця вегетації вміст азоту у тканинах вегетативних органів суттєво зменшувався.

Аналіз літературних даних свідчить про вплив регуляторів росту на вміст елементів мінерального живлення (фосфору та калію) в вегетативних органах рослин. Застосування хлормекватхлориду спричинювало зниження вмісту фосфору в листках цукрового буряка і коренеплодах та одночасне зростання вмісту калію відповідно [2]. При застосуванні триазолпохідного препарату паклобутразолу на рослинах картоплі спостерігалось зростання вмісту калію на початку періоду вегетації і зменшення їх вмісту наприкінці [16], використання препарату на рослинах ріпаку не викликала змін у вмісті калію в листках [12].

Вплив регуляторів росту на вміст елементів мінерального живлення у вегетативних органах рослин маку олійного

Фенологічна стадія росту	Орган рослини	Контроль	ХМХ 0,5%-й	Трептолем 0,035 мл/л	Суміш препаратів
Вміст загального азоту, % на суху речовину					
цвітіння	Корінці	1,64±0,015	1,63±0,01	*1,72±0,005	*1,59±0,01
	Листки	3,89±0,04	4,07±0,06	3,81±0,03	*3,77±0,003
молочної стиглості	Корінці	1,38±0,015	1,37±0,015	1,42±0,01	*1,33±0,005
	Листки	3,58±0,03	*3,31±0,015	*3,24±0,003	*3,06±0,003
воскової стиглості	Корінці	1,29±0,03	*1,13±0,02	*1,19±0,01	1,24±0,03
	Листки	2,96±0,025	*2,85±0,02	*2,80±0,02	*2,67±0,00
Вміст фосфору мг/г сухої речовини					
цвітіння	Корінці	5,61±0,10	5,83±0,11	5,4±0,12	5,63±0,09
	Листки	7,65±0,15	*6,45±0,14	*6,55±0,13	*6,33±0,14
молочної стиглості	Корінці	4,38±0,09	*5,23±0,07	*4,9±0,06	*4,9±0,08
	Листки	8,13±0,13	*7,53±0,12	*7,43±0,09	*7,56±0,07
воскової стиглості	Корінці	3,75±0,01	*3,43±0,02	3,6±0,03	*3,28±0,01
	Листки	9,23±0,16	*8,58±0,15	*8,18±0,12	*8,65±0,11
Вміст калію мг/г сухої речовини					
цвітіння	Корінці	13,82±0,11	*14,25±0,09	14,12±0,08	*14,41±0,09
	Листки	15,59±0,14	*16,49±0,13	*16,15±0,09	*14,61±0,11
молочної стиглості	Корінці	12,11±0,11	*11,49±0,15	*11,32±0,11	*11,39±0,13
	Листки	13,61±0,23	*12,39±0,19	*12,23±0,15	*10,64±0,12
воскової стиглості	Корінці	10,73±0,13	*9,95±0,15	10,52±0,09	*9,28±0,12
	Листки	10,01±0,25	*9,66±0,21	9,94±0,15	*9,32±0,18

Примітки: * – різниця достовірна при $P \leq 0,05$; суміш препаратів - трептолем (0,035 мл/л) + ХМХ 05%-й

Аналіз отриманих результатів свідчить про зростання вмісту фосфору в листках протягом вегетації в рослин маку контрольного і дослідного варіантів, що свідчить про важливу роль вищезазначеного елемента в фотосинтетичних процесах у період формування і росту плодів. При цьому на кінець вегетації вміст фосфору був нижчим у листках в усіх дослідних варіантах проти контролю (табл. 4). Вміст фосфору в коренях маку зменшується протягом вегетації в усіх варіантах дослідження. На нашу думку, це пояснюється посиленням відтоком даного елемента до плодів, які в цей час інтенсивно формуються.

Загальновідомою є роль калію в регуляції ростових процесів, транспорту асимілятів до репродуктивних органів. З'ясовано також, що низьке забезпечення рослин олійних культур цим елементом суттєво гальмує синтез ліпідів [1].

Нами також встановлено, що за дії регуляторів росту зменшується вміст калію у листках відносно контролю. Аналогічна тенденція прослідковується для коренів, вміст калію був нижчим порівняно з контролем в усіх варіантах дослідження впродовж всього періоду вегетації (табл. 3). На кінець цього періоду вміст елемента як в листках, так і в коренях зменшувався. Що, очевидно, пов'язано з посиленням відтоку елемента до генеративних органів, які формуються.

Відомо, що надходження, перерозподіл основних елементів мінерального живлення та підтримання їх певного балансу під дією регуляторів росту рослин сприяє покращенню продуктивності культур [7, 12, 16]. Зміни в балансі фізіологічно активних речовин та функціонуванні системи джерело асимілятів – стік призводили до більш активного потоку пластичних речовин в бік генеративних органів – коробочок, що зумовлювало зростання врожайності маку олійного. Так за дії суміші препаратів цей показник складав $10,51 \pm 0,26^*$

(ц/га), трептолему $10,14 \pm 0,23^*$, хлормекватхлориду $9,5 \pm 0,26^*$ відносно $8,4 \pm 0,25$ (ц/га) у варіанті без обробки.

Вплив препаратів проявився у змінах структури врожаю. Так, в умовах дрібноділянкового досліду одночасно з кількістю коробочок зростала маса тисячі насінин і маса насіння в коробочці (рис.).

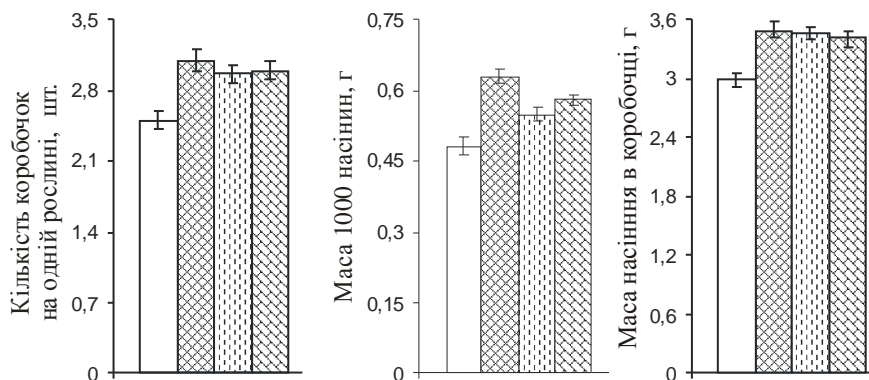


Рис. Вплив регуляторів росту на структуру урожаю маку олійного: □ – контроль, ▨ – суміш трептолему (0,035мл/л) та 0,5%-го хлормекватхлориду, ▩ – трептолем (0,035 мл/л), ▧ – 0,5%-й хлормекватхлорид

Висновки

Застосування регуляторів росту фази бутонізації призводить до підвищення продуктивності культури маку олійного. За дії препаратів відбувається корекція донорно-акцепторних відносин у рослині, яка реалізується через перерозподіл асимілятів з вегетативних органів на потреби карпогенезу. Уповільнення лінійного росту на початку вегетації за дії хлормекватхлориду та підвищення висоти рослин під впливом трептолему й суміші препаратів призводили до інтенсивного галушення стебла, формування більшої кількості листків, листової поверхні, оптимізації мезоструктури листків. Формування потужнішої акцепторної сфери пов'язане з посиленням галушення стебла і, відповідно, закладкою більшої кількості плодів – основних акцепторів асимілятів у другу половину вегетації. Збільшення навантаження рослини плодами у рослин дослідних варіантів визначало і більш інтенсивний потік до них азотовмісних сполук та елементів живлення, що в підсумку і забезпечило зростання урожаю насіння.

1. Верещагин А.Г. Шестнадцятий Международный симпозиум по липидам растений (1-4 июня 2004 г., Будапешт, Венгрия) / А.Г. Верещагин // Физиология растений. — 2005. — Т. 52, № 3. — С. 467—474.
2. Гуляев Б.И. Вплив хлормекватхлориду та естерону на засвоєння цукровим буряком елементів мінерального живлення / Б.И. Гуляев, А.Б. Карлова, Д.А. Кірізіт // Физиология и биохимия культ. растений. — 2007. — Т. 39, № 5. — С. 401—408.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. — М.: Альянс, 2011. — 352 с.
4. Казаков С.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / С.О. Казаков. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — 272 с.
5. Колісник А. В. Вплив N-оксидів піридину (івіну і триману) та кінетину на азотний метаболізм пшениці / А. В. Колісник, М. В. Драга, С. А. Шумік, М. М. Мусієнко // Физиология и биохимия культ. растений. — 2000. — Т. 32. — № 5. — С. 394—400.
6. Кур'ята В. Г. Ретарданти — модифікатори гормонального статусу рослин / Кур'ята В. Г. // Физиология растений: проблеми та перспективи розвитку. Київ. — 2009. — Т. 1. — С. 565—589.
7. Кур'ята В. Г. Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур : дис. ... доктора біол. наук : 03.00.12 / Кур'ята Володимир Григорович. — К., 1999. — 318 с.
8. Кур'ята В. Г. Действие ретардантов на мезоструктуру листьев малины / В. Г. Кур'ята // Физиология и биохимия культ. растений. — 1998. — Т. 30, № 2. — С. 144—149.

9. Методы биохимического исследования растений / [А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др.]; под ред. А. И. Ермакова. — [3-е изд., перераб., доп.]. — Л. : Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. — 430 с.
10. Персикова Т. Ф. Продуктивность люпина узколистого в условиях Беларуси / Т. Ф. Персикова, А.Р. Цыганов, А. В. Какшинцев. — Минск : ИВЦ Минфина, 2006. — 179 с.
11. Прусакова Л. Д. Синтетические регуляторы онтогенеза растений / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова // Природные и синтетические регуляторы онтогенеза растений ; под ред. Н. И. Якушкиной. — М. — № 2. — 1990. — С. 84—124.
12. Рогач В. В. Дія ретардантів на морфогенез, продуктивність і склад вищих жирних кислот олії ріпаку / В. В. Рогач, В. Г. Кур'ята, С. В. Поливаний. — Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2016. — 156 с.
13. Рогач В. В. Накопичення і перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин ріпаку в онтогенезі за дії хлормекватхлориду / В. В. Рогач // Агробіологія — 2010. — Вип. 4 (80). — С. 45—50.
14. Рогач Т. І. Накопичення та перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин соняшника в онтогенезі за дії хлормекватхлориду / Рогач Т. І., Кур'ята В. Г. // Зб. наук. праць ВНАУ. — 2011. — № 8 (48). — С. 49—54.
15. Сакало В. Д. Регуляція емистимом С и бетастимулином метаболизма сахарозы и продуктивности сахарной свеклы / В. Д. Сакало, С. П. Пономаренко, В. М. Курчий // Агрохимия. — 2001. — № 10. — С. 49—55.
16. Ткачук О. О. Дія ретардантів на морфогенез, період спокою і продуктивність картоплі: монографія / О. О. Ткачук, В. Г. Кур'ята. — Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. — 152 с.
17. Шевчук О. А. Накопичення та перерозподіл елементів мінерального живлення у вегетативних органах рослин цукрового буряка за дії ретардантів / О. А. Шевчук, В. Г. Кур'ята // Збірник наукових праць ВДАУ. — Вінниця, 2007. — Вип. 32. — С. 18—26.
18. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем / Г. О. Іутинська // Сільськогосподарська мікробіологія: Міжвід. темат. наук. зб. — Чернівці. — 2006. — Вип. 3. — С. 7—18.
19. Carvalho M. E. A. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower / M. E. A. Carvalho, C. P. R. Castro // Comunicata Scientiae. — 2016. — 7 (1). — P. 154—164.
20. Kasem M. M. Studying the Influence of Some Growth Retardants as a Chemical Mower on Ryegrass (*Lolium perenne* L.) / M. M. Kasem, // Journal of Plant Sciences. — 2015. — 3 (5). — P. 255—258.
21. Kumar, S. Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. // G. Sreenivas, A. Guha // Crantz. BSK Research Notes. — 2012. — 5(1). — P. 1—13.

References

1. Vereshchagin A.G. Shestnadsatyy Mezhdunarodnyy simpozium po lipidam rasteniy (1-4 iyunia 2004 g., Budapesht, Vengriia) / A.G. Vereshchagin // Fiziologiya rasteniy. — 2005. — T. 52, No 3. — S. 467—474. (in Russian).
2. Huliiayev B.I. Vplyv khloremekvatkhloroydu ta esteronu na zasvoiennia tsukrovym buriakom elementiv mineral'noho zhyvlennia / B.I. Huliiayev, A.B. Karlova, D.A. Kiriziy // Fyzyolohyia y byokhymyia kul't. rastenyu. — 2007. — T. 39, No 5. — S. 401—408. (in Ukrainian).
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) / B. A. Dospikhov. — M.: Al'ians, 2011. — 352 s. (in Russian).
4. Kazakov Ie.O. Metodolohichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziolohii roslyn / Ie.O. Kazakov. — K.: Fitosotsiotsentr, 2000. — 272 s. (in Ukrainian).
5. Kolisnyk A. V. Vplyv N-oksydiv pirydynu (ivinu i trymanu) ta kinetynu na azotnyy metabolizm pshenytsi / A. V. Kolisnyk, M. V. Draha, S. A. Shumik, M. M. Musiienko // Fyzyolohyia y byokhymyia kul't. rastenyu. — 2000. — T. 32. — No 5. — S. 394—400. (in Ukrainian).
6. Kur'iata V. H. Retardanty — modyfikatory hormonal'noho statusu roslyn / Kur'iata V. H. // Fiziolohiia roslyn: problemy ta perspektyvy rozvytku. Kyiv. — 2009. — T. 1. — S. 565—589. (in Ukrainian).
7. Kur'iata V. H. Fizioloho-biokhimichni mekhanizmy dii retardantiv i etylenproduktentiv na roslyny iahidnykh kul'tur : dys. ... doktora biol. nauk : 03.00.12 / Kur'iata Volodymyr Hryhorovych. — K., 1999. — 318 s. (in Ukrainian).
8. Kur'iata V. G. Deystvie retardantov na mezostrukturu list'ev maliny / V. G. Kur'iata // Fiziologiya i biokhimiia kul't. rasteniy. — 1998. — T. 30, No 2. — S. 144—149. (in Russian).
9. Metody biokhimicheskogo issledovaniia rasteniy / [A. I. Ermakov, V. V. Arasimovich, N. P. Iarosh i dr.]; pod red. A. I. Ermakova. — [3-е изд., перераб., доп.]. — Л. : Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. — 430 с. (in Russian).

10. Persikova T. F. Produktivnost' liupina uzkolistogo v usloviakh Belarusi / T. F. Persikova, A.R. Tsyganov, A. V. Kakshintsev. — Minsk : IVTs Minfina, 2006. — 179 s. (in Russian).
11. Prusakova L. D. Sinteticheskie regulatory ontogeneza rasteniy / L. D. Prusakova, S. I. Chizhova // Prirodnye i sinteticheskie regulatory ontogeneza rasteniy ; pod red. N. I. Iakushkinoy. — M. — No 2. — 1990. — S. 84—124. (in Russian).
12. Rohach V. V. Diia retardantiv na morfohenez, produktyvnist' i sklad vyshchyykh zhyrnykh kyslot olii ripaku / V. V. Rohach, V. H. Kur'iata, S. V. Polyvanyy. — Vinnytsia: TOV «Nilan-LTD», 2016. — 156 s. (in Ukrainian).
13. Rohach V. V. Nakopychennia i pererozpodil vuhlevodiv i azotovmisnykh spoluk mizh orhanamy roslyn ripaku v ontogenezi za dii khlormekvatkhlorody / V. V. Rohach // Ahrobiolohiia — 2010. — Vyp. 4 (80). — S. 45—50. (in Ukrainian).
14. Rohach T. I. Nakopychennia ta pererozpodil vuhlevodiv i azotovmisnykh spoluk mizh orhanamy roslyn soniashnyka v ontogenezi za dii khlormekvatkhlorody / Rohach T. I., Kur'iata V. H. // Zb. nauk. prats' VNAU. — 2011. — No 8 (48). — S. 49—54. (in Ukrainian).
15. Sakalo V. D. Reguliatsiia emistimom S i betastimulinom metabolizma sakharozy i produktyvnosti sakharoy svekly / V. D. Sakalo, S. P. Ponomarenko, V. M. Kurchiy // Agrokhimiiia. — 2001. — No 10. — S. 49—55. (in Russian).
16. Tkachuk O. O. Diia retardantiv na morfohenez, period spokoiiu i produktyvnist' kartopli: monohrafiia / O. O. Tkachuk, V. H. Kur'iata. — Vinnytsia, TOV «Nilan-LTD», 2015. — 152 s. (in Ukrainian).
17. Shevchuk O. A. Nakopychennia ta pererozpodil elementiv mineral'noho zhyvlennia u vehetatyvnykh orhanakh roslyn tsukrovoho buriaka za dii retardantiv / O. A. Shevchuk, V. H. Kur'iata // Zbirnyk naukovykh prats' VDAU. — Vinnytsia, 2007. — Vyp. 32. — S. 18—26. (in Ukrainian).
18. Shliakhy rehuliuвання funktsiy mikrobynykh uhrupovan' gruntu v aspekti biolohizatsii zemlerobstva i stiykoho rozvytku ahroekosystem / H. O. Iutyns'ka // Sil's'kohospodars'ka mikrobiolohiia: Mizhvid. temat. nauk. zb. — Chernihiv. — 2006. — Vyp. 3. — S. 7—18. (in Ukrainian).
19. Carvalho M. E. A. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower / M. E. A. Carvalho, C. P. R. Castro // Comunicata Scientiae. — 2016. — 7 (1). — P. 154—164.
20. Kasem M. M. Studying the Influence of Some Growth Retardants as a Chemical Mower on Ryegrass (*Lolium perenne* L.) / M. M. Kasem, // Journal of Plant Sciences. — 2015. — 3 (5). — P. 255—258.
21. Kumar, S. Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. // G. Sreenivas, A. Guha // Crantz. BSK Research Notes. — 2012. — 5(1). — P. 1—13.

S.V. Polyvanyi

Mychailo Kotsubynskiyi Vinnitsya State Pedagogical University, Ukraine

INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON THE PECULIARITIES OF THE REDISTRIBUTION OF ELEMENTS OF INORGANIC NUTRITION AND PRODUCTIVITY OF OIL POPPY PLANTS

In the conditions of the field experiment, the effect of chlormequat chloride, treptolem and a complex of treptolem and chlormequat chloride on the morphological features and the accumulation and redistribution of nitrogen, phosphorus and potassium in oil poppy plants are studied. It is established that the treatment of poppy plants with growth regulators caused an increase in the stem branching, an increase in the number, area and mass of leaves. The treatment with treptolem, chlormequat chloride, a complex of the preparations led to thickening of the basic assimilation tissue of the leaf chlorenchyme due to the growth of its cells. As a result of these changes in the photosynthetic apparatus, the donor potential of oil poppy plants was substantially increased. Due to the increased stem branching under the action of preparations, there was an additional number of new attracting centres – pods. This led to the redistribution of elements of inorganic nutrients towards the fruit formation.

Key words: *Papaver somniferum* L., *plant growth regulators, mesostructure of leaves, morphogenesis, elements of mineral nutrition, productivity*

Надійшла 13.11.2018.

ОГЛЯДИ

УДК 611.41:001.891

doi:10.25128/2078-2357.19.1.19

Н. М. ПЕТРИК, С. О. ЯСТРЕМСЬКА

ДВНЗ "Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України"
вул. Словацького, 2, Тернопіль, 46001
e-mail: yastremska@tdmu.edu.ua

ДОСЯГНЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАМЕДУЛЯРНОГО ГЕМАТОПОЕЗУ В СЕЛЕЗІНЦІ (ОГЛЯД)

Завдяки дослідженням Вільяма Х'юсона, Магнуса Фальконара, Джуліана Еванса, нам відомо, що селезінка володіє потужним імунним захистом, здатна синтезувати гуморальні чинники імунітету, є органом детоксикації, реутилізації заліза та бере участь в гемопоезі [15]. Проте серед усіх перелічених функцій, гемопоетична функція селезінки все ж таки залишається не вивчена в повній мірі. Це зумовлено тим, що екстрамедулярний гематопоез (ЕМГ) більшість вчених розглядають як прояв патологічного стану, пов'язаного з недостатністю функції кісткового мозку, оскільки з точки зору фізіології він повністю припиняється після завершення ембріонального періоду розвитку та майже не характерний для постембріонального періоду [10, 29]. Цей процес полягає у виробництві зрілих клітин крові поза медулярною порожниною кістки. ЕМГ часто спостерігається у пацієнтів з мієлофіброзом, мієлопроліферативними розладами і гемоглобінопатією, особливо при таласемії та серповидно-клітинній анемії. Ключовими органами периферичного кровотворення, які беруть участь в ЕМГ, є селезінка, печінка та лімфатичні вузли [12, 25].

Станом на сьогодні не достатньо досліджень, які стосуються фундаментальних процесів та самого механізму ЕМГ. У статті подається аналіз сучасних досліджень ЕМГ на основі публікацій з експериментальної гематології. У ході аналізу були виявлені перспективні напрямки для подальшого дослідження.

Ключові слова: селезінка, екстрамедулярний гематопоез, еритропоез, гемопоетичні колонії, тромбоцитопоез

Селезінка – це лімфоретикулярний периферичний орган кровотворення та імунного захисту. Вона сприяє елімінації мікроорганізмів і антигенів з периферичної крові, бере участь у виділенні і видаленні здорових і аномальних клітин крові, відіграє певну роль у регуляції портального кровотоку та є місцем екстрамедулярного гемопоезу [21].

Селезінка – це єдиний орган імунної системи, що знаходиться на шляху кровотоку з аорти в систему ворітної вени, через неї регулярно протікає значна кількість крові, що дає підстави дослідникам називати її фільтром кровоносної системи [26]. Як стверджує О. Дунаєвська, серед морфологів, імунологів і лімфологів утвердився погляд, що найважливішими функціями селезінки є гемопоетична, імунопоетична. Селезінка за рахунок депонувальної функції додатково з парціальним тиском кисню крові контролює еритропоез та впливає на стан центральної гемодинаміки [4].

Однак варто зазначити, що в постнатальний період онтогенезу селезінки до моменту статевої зрілості у людини та більшості тварин спостерігається збільшення відносної площі

білої пульпи. Так, при старінні організму відбувається збільшення площі трабекулярного апарату, червоної пульпи, товщини капсули і зменшення відносної площі білої пульпи. Тобто з віком в селезінці людини відбувається атрофія білої і червоної пульпи, цитоплазма ретикулярних клітин селезінки при старінні ущільнюється і гіалінізується [17,18]. Кількість лімфоїдних вузликів і розміри їх світлих центрів також поступово зменшуються. Ретикулярні волокна білої і червоної пульпи потовщуються і стають більш звивистими. Кількість макрофагів і лімфоцитів в пульпі зменшується, а число зернистих лейкоцитів, об'ємних клітин і залізовмісного пігменту збільшується. Винятком є лабораторні щурі лінії Вістар, бо навіть у зрілих особин здатність селезінки до ЕМГ зберігається [20].

Незважаючи на те, що мікросередовище селезінки характеризується гіпоксичними, кислотними умовами, які є неприйнятними для самих гемопоетичних стовбурових клітин, ЕМГ зазвичай відбувається в межах червоної пульпи. Що стосується печінки, то цей процес локалізований в печінкових синусоїдах [23].

Недавнє дослідження, проведене японською групою вчених Я. Коугей, М. Юкако, А. Шіно, К. Сусумі, К. Масанобу, показало, що селезінка володіє унікальним сайтом для оцінки взаємодій гемопоетичних стовбурових клітин. Так, ендотеліальні клітини селезінкових синусів, що експресують хемокінові ліганди CXCL12, можуть сприяти прикріпленню та рекрутингу циркулюючих клітин гемопоетичних попередників, утворюючи в селезінці ділянки ЕМГ. Дослідження підтвердило, що еритробласти, мієлоїдні клітини і мегакаріоцити були ідентифіковані в інтрасинусоїдальних просторах червоної пульпи селезінки в ЕМГ-позитивних випадках. Ідентифікація численних стадій диференціації еритробластів підтвердила гіпотезу про те, що еритроїдний ЕМГ відбувався в червоній пульпі [11].

З біологічної точки зору, ЕМГ може служити альтернативним гемопоетичним мікросередовищем для ГСК щоб уникнути боротьби з мієлосупресивним станом у кістковому мозку. ГСК залишаються в циклі селезінки вдвічі частіше, ніж у кістковому мозку, що дозволяє припустити, що гемопоетичне відновлення може відбуватися за рахунок ЕМГ. Дослідження з використанням моделей ЕМГ на тваринах продемонстрували зв'язок між мієлоїдними клітинами і хемокінового ліганду CXCL12, впливаючи на їхню мобілізацію, утримання, самовідновлення, диференціацію за допомогою клітинно-клітинних контактів і виробництва факторів росту. Варто підкреслити, що механізми, які контролюють функцію ЕМГ нішевих клітин, автори пропонованої статті не описують, та наголошують на потребі проведення подальших досліджень [7, 30].

У ході дослідження функціональних можливостей того чи іншого органу, вчені дуже часто прибігають до моделювання патологічного стану. Не стало винятком і вивчення екстрамедулярного гематопоезу. Вивчаючи вплив хронічного прийому алкоголю на селезінку, дослідники прийшли до висновку, що етанол призводить до порушення всмоктування фолієвої кислоти, яка в свою чергу впливає на кровотворення, стимулюючи утворення еритроцитів, лейкоцитів. Після припинення прийому алкоголю відновлюється нормальне всмоктування фолатів та посилюється ретикулоцитоз, тобто збільшується кількість незрілих еритроцитів в крові. Дослідники зазначають, що пригнічення еритропоезу, лейкопоезу і тромбопоезу, конверсія кісткового мозку від нормобластичного до мегалобластичного впродовж десяти днів спостерігалась в осіб, які вживали комерційно доступні алкогольні напої або чистий етанол. Концентрація заліза в сироватці і насичення залізовв'язуючим білком збільшувалися під час прийому алкоголю. Тобто це свідчить про вплив алкоголю на метаболізм заліза, систематичне вживання якого може призвести до гемохроматозів [13].

Низка вітчизняних вчених досліджували окремі аспекти кровотворної функції селезінки. Так, *В.В. Масляков, В.Ф. Киричук, А.А. Цимбал, О.И. Дралина, С.А. Куликов* встановили, що тканина селезінки має високу тромбопластичну активність, а виконання органозберігаючих операцій при травмі селезінки запобігає розвитку синдрому хронічного дисемінованого внутрішньосудинного згортання крові [24]. *В.О. Сипливий, А.В. Акименко, К.В. Конь, О.В. Євтушенко* вивчали гематологічні індекси, які характеризують зміни системи крові після спленектомії у хворих з травматичним ушкодженням селезінки, та прийшли до висновку, що у хворих з травмою після спленектомії виявляються вираженні зміни периферичної крові [27].

Роль селезінки в забезпеченні взаємозв'язку систем кровотворення та кровопостачання встановила *О.В. Морозова* й з'ясувала, що при депонуванні надлишку еритроцитів селезінка блокує утворення еритропоетину, та припускає, що головним фактором пригнічення еритропоезу є серетонін [26].

У ході експериментального вивчення проблеми причетності селезінки до регуляції гемопоезу, вчені досить часто прибігають до спленектомії. Так, *Х. Бесслер, Е. Мандель, М. Джалдетті* після видалення селезінки в щурів виявили постспленектомічний тромбоцитоз. Учені припускають, що збільшена тромбопоетична активність, що спостерігається в плазмі спленектомізованих щурів, свідчить про наявність гуморального фактора, який опосередковує цей процес [2].

Вплив кровозамінника на пульпу селезінки досліджував *І.В. Булько* та виявив, що він спричиняє активацію В-залежних ділянок лімфатичних утворень білої пульпи та збудження фагоцитарної активності макрофагів [19]. *Т.М. Гавриш, Л.М. Яременко, О.М. Грабовий, В.Г. Бордонос* вивчали функціональну активність фагоцитів крові і селезінки при порушенні кровопостачання лівої півкулі головного мозку та довели, що лейкоцитоз закономірно розвивається у відповідь на пошкодження мозку, а тривалість збільшення кількості моноцитів в цих умовах прямо залежить від тяжкості ураження.

Над з'ясуванням механізму гемопоезу селезінки та дослідженням клітинних і молекулярних компонентів, що підтримують селезінковий гемопоез, працювали ряд іноземних вчених. Зокрема *М.В. Богвелішвілі, М.Г. Квернадзе* досліджували роль селезінки в регуляції тромбоцитопоезу та виявили, що в селезінці виробляється фактор, що контролює мегакаріоцитне диференціювання попередників клітин в тромбоцити [1]. *Джонатан К. Х. Тан, Правін Перісамі і Хелен К. О'Нейл* отримали в умовах *in vitro* з селезінки щурів незрілі дендритоподібні клітини, які є попередниками гематопоетичних клітинних ліній. Вченим вдалося розробити клоновані ізоляти зі строю мишачої селезінки, які підтримують кровотворення, та визначити тканини попередників, які виділяють ці гематопоетичні клітини [6, 9].

Група закордонних вчених *Джеймс Х. Джандл, Ненсі М. Файли, Сьюзан Белл Барнетт і Річард А. Макдональд* досліджувала, які зміни гемоліз здійснює на проліферативні процеси в селезінці та печінці. У ході проведення експериментів виявлено, що в результаті ін'єкції тритированого тимицину, який зумовив гостру секвестрацію еритроцитів та індукував проліферативну реакцію в селезінці, що стало причиною розширення ретикулоендотелію, у селезінці синтез ДНК найбільш помітно стимулюється в крайовій зоні, яка також є початковою ділянкою червоних клітин секвестрації. Ця проліферативна відповідь включає кілька стадій поділу, у результаті чого відбувається колонізація червоної пульпи зі збільшенням кількості всіх клітин селезінки [8].

Окрім встановлення імунологічних та гематологічних функцій, селезінка також відіграє важливу роль у регуляції серцево-судинної системи. Це відбувається за рахунок зміни внутрішньоспецифічного мікросудинного тону, через рефлекторну активацію аферентних ниркових симпатичних нервів, що було підтверджено в досліджах *Хамси М., Кауфмана С.* [5].

Одним із актуальних напрямків сучасних досліджень є гемопоетичні стреси та фізіологічні реакції організму, які виникають на їх відповідь. *Чжоу Б., Акар М., Мерфі М, Річардсон Дж., Чжао З., Моррісон С.*, дослідивши ендотеліальні та стромальні клітини селезінки, підтвердили їх участь в екстремедулярному кровотворенні. Продовжили та розширили їх дослідження *Ребекка А. Хінтон і Хелен С. О'Нейл*, вивчаючи дендритні клітини селезінки, які виконують роль гематологічних попередників [6, 9].

Поряд з експериментальним підтвердженням гемопоетичної функції селезінки, детальним вивченням гістології та морфології цього органу, залишаються недостатньо дослідженими клітинні та молекулярні компоненти, що підтримують селезінковий гемопоез [23]. Об'єктом дослідження вчених стали еритроїдні колонії та еритроїдні формуючі вузли. Як маркери для розповсюдження та диференціювання еритроїдів були використані еритропоетичні тканини щурів, у яких трансплантували чи осаджували залізо і білок 3 групи [14]. Питанням клітинних компонентів селезінкового гемопоезу займалися *Е. Коппін, Дж. Флорентін, А. Арункумар, Дж. Сембрат, М. Рохас*, досліджуючи селезінкові

гемопоетичні стовбурові клітини (ГСК). Вони виявили, що у порівнянні з кістковим мозком, селезінковий ГСК перебуває в попередньо активованому стані, який керується позаклітинними сигналами, що забезпечуються мікросередовищем селезінки. Закордонні дослідники припускають, що гематопоез селезінки є результатом захоплення і проліферації циркулюючих кровотворних клітин-попередників селезінкової червоної пульпи [3].

Проте найбільш вагомий внесок в дослідженні механізму селезінкового гемопоезу зробили Джонатан К. Х. Тан, Правін Перісамі і Хелен К. О'Нейл, яким вдалося отримати в умовах *in vitro* з селезінки щурів незрілі дендритоподібні клітини, які є попередниками гематопоетичних клітинних ліній. Вченим вдалося розробити клоновані ізоляти зі строною мишачої селезінки, які підтримують кровотворення [6, 9].

Висновки

Отже, проведений аналіз наукових досліджень дозволяє стверджувати, що клітинні та молекулярні компоненти, що підтримують селезінковий гемопоез, не до кінця зрозумілі і є перспективним напрямком для подальшого дослідження. З біологічної точки зору, ЕМГ може служити альтернативним гемопоетичним мікросередовищем для ГСК, щоб уникнути боротьби з мієлосупресивним станом у кістковому мозку.

1. Abesadze AI, Bogvelishvili MV, Kvernadze MG, Iosava GG. Role of the spleen in regulating thrombocytopoiesis. *World Journal Gastroenterol.* 2013. Vol. 8, No 19. P. 3534–3542.
2. Bessler H, Mandel EM, Djaldetti M. Role of the spleen and lymphocytes in regulation of the circulating platelet number in mice. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine.* 1978. Vol. 8. No 91. P. 760–768.
3. Coppin E, Florentin J, Vasamsetti SB, Arunkumar A, Sembrat J, Rojas M, Dutta P. Splenic hematopoietic stem cells display a preactivated phenotype. *Immunology & Cell Biology.* 2018. Vol. 10, No 11. P. 456–466.
4. Dunaievska, O.F. (2016). Morphological features of the warm-blooded animals' spleen. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University.* 2016. Vol. 6. No 3, P. 399–406.
5. Hamsa M., Kaufman S. Role of spleen in integrated control of splanchnic vascular tone: physiology and pathophysiology. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology.* 2009. Vol. 7. No 8, P. 1–7.
6. Hinton RA, O'Neill HC. Extramedullary hematopoiesis leading to the production of a novel antigen-presenting cell type in murine spleen. *Journal of Stem Cells.* 2014. Vol. 9. No 3, P. 199–208.
7. Inra CN, Zhou BO, Acar M, Murphy MM, Richardson J, Zhao Z, Morrison SJ. A perisinusoidal niche for extramedullary haematopoiesis in the spleen. *Nature.* 2015. Vol. 5. No 10, P. 466–471.
8. Jandl J.H, Files N.M, Barnet S.B, Macdonald R.A Proliferative response of the spleen and liver to homolysis. *Experimental Medicine.* 1965. Vol. 7. No 1, P. 299–326.
9. Jonathan K.H. Tan, Pravin Periasamy, Helen C. O'Neill. Delineation of precursors in murine spleen that develop in contact with splenic endothelium to give novel dendritic-like cells *Blood.* 2010. Vol. 18. No 10, P. 115–133.
10. K. D. Palitzsch. S. Falk. H. Müller .H. J. Stutte Splenic haematopoiesis in patients with cirrhosis of the liver March 1987, Vol. 411. No 3, P. 179–183.
11. Kouhei Y., Yukako M., Shiho A., Shinya A., Susumu K., Ichiroh O., Masanobu K., Morito K., Extramedullary hematopoiesis: Elucidating the function of the hematopoietic stem cell niche (Review). *Molekular medivine reports.* 2016. Vol.13. No 2, P. 587–591
12. Lisandro Lungato. Effects of Sleep Deprivation on Mice Bone Marrow and Spleen B Lymphopoiesis. *Journal of Cellular Physiology.* 2016. Vol. 231. No 6, P. 1313–1320.
13. Louis W. Sullivan, Victor Herbert Suppression of Hematopoiesis by Ethanol. *Journal of Clinical Investigation.* 1964. Vol. 43, No. 11, P. 2048–2062.
14. Savković S, Pavlović S, Mitrović T, Joksimović M, Marjanović J, Glisin V, Popović Z. Molecular evidence for increased hematopoietic proliferation in the spleen of the b/b laboratory rat. *Experientia.* 1996. Vol. 52, No. 8, P. 807–811.
15. Steiniger B. Human spleen microanatomy: why mice do not suffice. *The journal of cells, molecules, systems and technologies.* 2015. Vol. 145. No 6, P. 334–346.
16. Wolber FM, Leonard E, Michael S, et al. Roles of spleen and liver in development of the murine hematopoietic system. *Experimental Hematology.* 2002. Vol. 30. No 9, P. 1010–1019.
17. Авілова, О. В. Приходько, О. О. Морфо-функціональна організація селезінки лабораторних тварин (Огляд літератури). *Світ медицини та біології.* 2017. № 1(59). С. 175–179.
18. Бобрийшева І. В. Морфологічні особливості білої пульпи селезінки щурів в умовах експериментальної імуносупресії. *Молодий вчений.* 2015. № 2 (17). С. 581–584.

19. Булько І. В. Структурні реакції пульпи селезінки на дію нового кровозамінника HEAS-LS-5%. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2016. №1. С. 63–65.
20. Дунаєвська О. Вікові зміни селезінки. *Актуальні наукові дослідження в сучасному світі* : сб. науч. ст. по матеріалам VIII Міжнарод. науч.-практ. інтернет-конф., 22–23 дек. 2015 г. – Переяслав-Хмельницький, 2015. С. 66–70.
21. Білаш С. М., Шепітько В. І., Єрошенко Г. А. Загальна характеристика ембріонального розвитку органів кровотворення у людини. *Modern Methodology of Science and Education : International Scientific Conference*. 2017. № 7. С. 30–34.
22. Кримаз Т. Зачем нам селезенка? *Фармацевт практик*. 2016. № 12. С. 26–28.
23. Кудокочева О. В. Морфологические особенности ткани селезенки после введения фторурацила и криоконсервированных ядродержащих клеток кордовой крови. *Проблемы криобиологии и криомедицины*. 2016. № 3. С. 249–259.
24. Масляков В.В., Киричук В.Ф., Цымбал А.А., Дралина О.И., Куликов С.А. Диагностика хронического синдрома диссеминированно внутрисосудистого свертывания крови у пациентов с поврежденной селезенкой в отдаленном послеоперационном периоде. *Клиническая и лабораторная диагностика*. 2016. № 61. С. 292–294.
25. Михайловська Н. С. Основи внутрішньої медицини: захворювання органів дихання, кровообігу, хвороби кровотворення, травлення, сечовиділення, ендокринної системи, сполучної тканини та професійні захворювання: зб. тестових завдань та ситуаційних задач для підсумкового контролю знань студентів III курсу мед. ф-тів спеціальності "Лабораторна діагностика". Запоріжжя : [ЗДМУ], 2015. 104 с.
26. Морозова О.В. Роль селезінки в координації систем кровообігу та еритропоєзу. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2015. № 3. С. 95–98.
27. Реакція системи крові та динаміка гематологічних показників у хворих за травматичного пошкодження селезінки. *Клінічна хірургія*. 2013. № 8. С. 61–64.
28. Татарко С.В. Морфофункціональне стан селезінки при різних по теченню та етіології видах запалення. *Медицина сьогодні і завтра*. 2014. № 2. С. 50–56.
29. Чернова В. М. Патологія печінки при захворюваннях крові. *Сучасна гастроентерологія*. 2016. № 3. С. 105–113.
30. Шинкар, Н.М. Кількісна оцінка експресії маркерів апоптозу p53 і проліферації Ki-67 селезінки щурів. *Актуальні питання теоретичної та практичної медицини* : збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів та молодих вчених, м. Суми, 21-22 квітня 2016 р. Суми, 2016. С. 34–38.

References

1. Abesadze AI, Bogvelishvili MV, Kvernadze MG, Iosava GG. Role of the spleen in regulating thrombocytopoiesis. *World Journal Gastroenterol*. 2013. Vol. 8, No 19. P. 3534–3542.
2. Bessler H, Mandel EM, Djaldetti M. Role of the spleen and lymphocytes in regulation of the circulating platelet number in mice. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 1978. Vol. 8. No 91. P. 760–768.
3. Coppin E, Florentin J, Vasamsetti SB, Arunkumar A, Sembrat J, Rojas M, Dutta P. Splenic hematopoietic stem cells display a preactivated phenotype. *Immunology & Cell Biology*. 2018. Vol. 10, No 11. P. 456–466.
4. Dunaievska, O.F. (2016). Morphological features of the warm-blooded animals` spleen. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*. 2016. Vol. 6. No 3, P. 399–406.
5. Hamsa M., Kaufman S. Role of spleen in integrated control of splanchnic vascular tone: physiology and pathophysiology. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2009. Vol. 7. No 8, P. 1–7.
6. Hinton RA, O'Neill HC. Extramedullary hematopoiesis leading to the production of a novel antigen-presenting cell type in murine spleen. *Journal of Stem Cells*. 2014. Vol. 9. No 3, P. 199–208.
7. Inra CN, Zhou BO, Acar M, Murphy MM, Richardson J, Zhao Z, Morrison SJ. A perisinusoidal niche for extramedullary haematopoiesis in the spleen. *Nature*. 2015. Vol. 5. No 10, P. 466–471.
8. Jandl J.H, Files N.M, Barnet S.B, Macdonald R.A Proliferative response of the spleen and liver to homolysis. *Experimental Medicine*. 1965. Vol. 7. No 1, P. 299–326.
9. Jonathan K.H. Tan, Pravin Periasamy, Helen C. O'Neill. Delineation of precursors in murine spleen that develop in contact with splenic endothelium to give novel dendritic-like cells *Blood*. 2010. Vol. 18. No 10, P. 115–133.
10. K. D. Palitzsch. S. Falk. H. Müller .H. J. Stutte Splenic haematopoiesis in patients with cirrhosis of the liver *March* 1987, Vol. 411. No 3, P. 179–183.

11. Kouhei Y., Yukako M., Shiho A., Shinya A., Susumu K., Iichiroh O., Masanobu K., Morito K., Extramedullary hematopoiesis: Elucidating the function of the hematopoietic stem cell niche (Review). *Molekular medivine reports*. 2016. Vol.13. No 2, P. 587–591
12. Lisandro Lungato. Effects of Sleep Deprivation on Mice Bone Marrow and Spleen B Lymphopoiesis. *Journal of Cellular Physiology*. 2016. Vol. 231. No 6, P. 1313–1320.
13. Louis W. Sullivan, Victor Herbert Suppression of Hematopoiesis by Ethanol. *Journal of Clinical Investigation*. 1964. Vol. 43, No. 11, P. 2048–2062.
14. Savković S, Pavlović S, Mitrović T, Joksimović M, Marjanović J, Glisin V, Popović Z. Molecular evidence for increased hematopoietic proliferation in the spleen of the b/b laboratory rat. *Experientia*. 1996. Vol. 52, No. 8, P. 807–811.
15. Steiniger B. Human spleen microanatomy: why mice do not suffice. *The journal of cells, molecules, systems and technologies*. 2015. Vol. 145. No 6, P. 334–346.
16. Wolber FM, Leonard E, Michael S, et al. Roles of spleen and liver in development of the murine hematopoietic system. *Experimental Hematology*. 2002. Vol. 30. No 9, P. 1010–1019.
17. Avilova, O. V. Prykhod'ko, O. O. Morfo-funktsional'na orhanizatsiia selezinky laboratornykh tvaryn (Ohliad literatury). *Svit medytsyny ta biolohii*. 2017. No 1(59). S. 175–179. (in Ukrainian).
18. Bobrysheva I. V. Morfolohichni osoblyvosti biloi pul'py selezinky shchuriv v umovakh eksperymental'noi imunosupresii. *Molodyy vchenyy*. 2015. No 2 (17). S. 581–584. (in Ukrainian).
19. Bul'ko I. V. Strukturni reaktsii pul'py selezinky na diiu novoho krovozaminnyka HEAS-LS-5%. *Klinichna anatomii ta operatyvna khirurgiia*. 2016. No1. S. 63–65. (in Ukrainian).
20. Dunaievs'ka O. Vikovi zminy selezinky. Aktual'nye nauchnye yssledovaniya v sovremennom myre : sb. nauch. st. po materyalam VIII Mezhdunar. nauch.-prakt. ynternet-konf., 22–23 dek. 2015 h. – Pereiaslav-Khmel'nytskyi, 2015. S. 66–70. (in Ukrainian).
21. Bilash S. M., Shepit'ko V. I., Ieroshenko H. A. Zahal'na kharakterystyka embrional'noho rozvytku orhaniv krovotvorennia u liudyny. *Modern Methodology of Science and Education : International Scientific Conference*. 2017. No 7. S. 30–34. (in Ukrainian).
22. Krimaz T. Zachem nam selebenka? *Farmatsevt praktik*. 2016. No 12. S. 26–28. (in Russian).
23. Kudokotseva O. V. Morfologicheskie osobennosti tkani selebenki posle vvedeniia ftoruratsila i kriokonservirovannykh iadrosoderzhashchikh kletok kordovoy krovi. *Problemy kriobiologii i kriomeditsyny*. 2016. No 3. S. 249–259. (in Russian).
24. Masliakov V.V., Kirichuk V.F., Tsymbal A.A., Dralina O.I., Kulikov S.A. Diagnostika khronicheskogo sindroma disseminirovannoo vnutrisosudistogo svertyvaniia krovi u patsientov s povrezhdennoy selebenkoy v otдалennom posleoperatsionnom periode. *Klinicheskaia i laboratornaia diagnostika*. 2016. No 61. S. 292–294. (in Russian).
25. Mykhaylovs'ka N. S. Osnovy vnutrishn'oi medytsyny: zakhvoriuvannia orhaniv dykhan'nia, krovoobihu, khvorooby krovotvorennia, travlennia, sechovydilennia, endokrynnoi systemy, spoluchnoi tkanyny ta profesiyni zakhvoriuvannia: zb. testovykh zavdan' ta sytuatsiynykh zadach dlia pidsumkovoho kontroliu znan' studentiv III kursu med. f-tiv spetsial'nosti "Laboratorna diahnozyka". *Zaporizhzhia : [ZDMU]*, 2015. 104 s. (in Ukrainian).
26. Morozova O.V. Rol' selezinky v koordynatsyy system krovoobrashchennia y erytropoëza. *Klinichna ta eksperymental'na patolohiia*. 2015. No 3. S. 95–98. (in Ukrainian).
27. Reaktsiia systemy krovi ta dynamika hematolohichnykh pokaznykiv u khvorykh za travmatychnoho poshkodzhennia selezinky. *Klinichna khirurgiia*. 2013. No 8. S. 61–64. (in Ukrainian).
28. Tatarko S.V. Morfofunktsional'noe sostoianie selebenki pri raznykh po techeniui i etiologii vidakh vospaleniia. *Medsina s'ogodni i zavtra*. 2014. No 2. S. 50–56. (in Russian).
29. Chernova V. M. Patolohiia pechinky pry zakhvoriuvanniakh krovi. *Suchasna hastroenterolohiia*. 2016. No 3. S. 105–113. (in Ukrainian).
30. Shynkar, N.M. Kil'kisna otsinka ekspresii markeriv apoptozu r53 i proliferatsii Ki-67 selezinky shchuriv. Aktual'ni pytannia teoretychnoi ta praktychnoi medytsyny : zbirnyk tez dopovidey IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv ta molodykh vchenykh, m. Sumy, 21-22 kvitnia 2016 r. Sumy, 2016. S. 34–38. (in Ukrainian).

N.M. Petryk, S.O. Yastremska

Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ukraine

ACHIEVEMENTS IN THE RESEARCH OF EXTRAMEDULAR HEMATOPOESIS
IN THE SPLEEN (REVIEW)

Thanks to the researches by William Houston, Magnus Falconar, Julian Evans we know that the spleen has powerful immune protection, is able to synthesize humoral immunity factors, it is the organ of detoxification, re-mobilization of iron, and it is involved in hemopoiesis. However, among all of functions, the hemopoietic function of the spleen still not fully explored. This is due to the fact that the extramedular hematopoiesis (EMH) is considered by most scientists as a manifestation of the pathological condition related to the failure of the bone marrow function, because physiologically, it completely stops after the embryonic development period and is almost uncharacteristic for the post-embryonic period. This process involves the production of mature blood cells outside the medullary bone cavity. EMH is often observed in patients with myelofibrosis, myeloproliferative disorders and hemoglobinopathy, especially with thalassemia and sickle cell anemia. The key organs of peripheral hematopoiesis that participate in EMH are spleen, liver and lymph nodes.

Today there are not enough researches on the fundamental processes and the very mechanism of EMH. The article presents an analysis of modern EMH researches based on publications on experimental hematology. During the analysis, prospective directions for further research were identified.

Key words: spleen, extramedular hematopoiesis, erythropoiesis, hemopoietic colonies, thrombocytopoiesis

Надійшла 11.01.2019.

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

УДК 581.3:561.5/.9]:005.745 Навашин

doi:10.25128/2078-2357.19.1.20

М.М. БАРНА, Л.С. БАРНА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: barna@chem-bio.com.ua

НАУКОВІ ЧИТАННЯ, ПРИСВЯЧЕНІ 120-РІЧЧЮ ВІДКРИТТЯ ПОДВІЙНОГО ЗАПЛІДНЕННЯ У ПОКРИТОНАСІННИХ РОСЛИН ПРОФЕСОРОМ УНІВЕРСИТЕТУ СВЯТОГО ВОЛОДИМИРА С. Г. НАВАШИНИМ

6–7 лютого 2019 року на базі кафедри ботаніки та зоології хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка проходили «Наукові читання, присвячені 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним».

Організаторами «Наукових читань ...» виступили кафедра ботаніки та зоології хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Тернопільське відділення Українського ботанічного товариства, Тернопільське відділення Українського товариства фізіологів рослин, Тернопільське відділення товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського, Тернопільське відділення Українського гідроекологічного товариства, Тернопільське відділення Українського товариства генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова.

«Наукові читання ...» мали насичену наукову програму, що відобразила актуальні проблеми ембріології, цитоембріології та репродуктивної біології Квіткових рослин (Magnoliophyta) та головні напрямки розвитку сучасної біології, екології та педагогіки вищої освіти. У їх роботі брали участь професорсько-викладацький та навчально-допоміжний персонал кафедри ботаніки та зоології, кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, кафедри хімії та методики її навчання, наукові співробітники Тернопільської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», магістранти кафедр і студенти хіміко-біологічного факультету. Впродовж двох днів роботи «Наукових читань...» у пленарних і секційних засіданнях взяло участь понад 150 учасників.

Чітко злагоджена робота «Наукових читань...» була проведена Оргкомітетом у складі:

Голова – **Н. М. Дробик**, докт. біол. наук, професор, декан хіміко-біологічного факультету.

Заступники голови: **С. В. Пида**, докт. с.-г. наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології; **В. В. Грубінко**, докт. біол. наук, професор, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін.

Секретар – **О. Б. Мацюк**, канд. біол. наук, доцент кафедри ботаніки та зоології.

Члени оргкомітету:

М. М. Барна, докт. біол. наук, професор кафедри ботаніки та зоології.

Л. С. Барна, канд. пед. наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін.

Н. В. Герц, канд. біол. наук, доцент кафедри ботаніки та зоології.

В. З. Курант, докт. біол. наук, професор кафедри хімії та методики її навчання.

А. В. Степанюк, докт. пед. наук, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін.

О. Б. Столяр, докт. біол. наук, професор кафедри хімії та методики її навчання.

І. С. Брошак, канд. с.-г. наук, доцент, директор Тернопільської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Допоміжна група: О. С. Волошин, Г. М. Голіней, М. Я. Кравець, Р. Л. Яворівський.

У роботі конференції брали участь 7 докторів наук, професорів, 12 кандидатів наук, доцентів, 6 магістрів біології, 12 магістрантів і понад 120 студентів хіміко-біологічного факультету.

Програма «Наукових читань...» включала пленарні й секційні засідання, дискусії. Основні напрямки роботи «Наукових читань...» були представлені на двох секціях:

1. Актуальні проблеми ембріології, цитоембріології та репродуктивної біології Квіткових рослин (*Magnoliophyta*).
2. Головні напрямки розвитку сучасної біології, екології та педагогіки вищої освіти.

На пленарному засіданні (голова С. В. Пида – докт. с.-г. наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології) звучали доповіді: докт. біол. наук, професора кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, декана хіміко-біологічного факультету Н. М. Дробик, Н. Б. Кравець «Динаміка проростання та сезонна схожість насіння деяких видів роду *Carlina* L. в умовах *in vitro*»; докт. біол. наук, професора кафедри ботаніки та зоології М. М. Барни, канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Л. С. Барни, канд. біол. наук, доцентів кафедри ботаніки та зоології Н. В. Герц і О. Б. Мацюк, з якою виступила Н. В. Герц: «Професор Університету святого Володимира Сергій Гаврилович Навашин (1857–1930) (до 160-річчя від дня народження та 120-річчя відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин)»; докт. біол. наук, професора кафедри ботаніки та зоології М. М. Барни і канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Л. С. Барни «Історія відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним та аналіз полеміки навколо цього відкриття»; канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Г. Я. Жирської і докт. пед. наук, професора кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін А. В. Степанюк «Врахування принципу наступності у формуванні поняття «Подвійне запліднення» в учнів загальноосвітньої школи»; докт. пед. наук, професора кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін А. В. Степанюк і канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Г. Я. Жирської «Внесок С. Г. Навашина у формування природничо-наукової картини світу як загальнокультурного феномену»; Т. В. Андрусишин, Н. М. Ткач, О. М. Назар, докт. біол. наук, професора, завідувача кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін В. В. Грубінка «Адаптаційні стратегії прибережних рослин до забруднення гідроекосистеми важкими металами». Усі доповіді були представлені мультимедійними презентаціями.

На секції «Актуальні проблеми ембріології, цитоембріології та репродуктивної біології Квіткових рослин «*Magnoliophyta*» під головуванням канд. біол. наук, доцента кафедри ботаніки та зоології Н. В. Герц велику увагу і дискусійне обговорення викликали доповіді: «Передумови, що передували відкриттю подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним» (докт. біол. наук, професора кафедри ботаніки та зоології М. М. Барни і канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Л. С. Барни); «Вшанування відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним» (докт. біол. наук, професора кафедри ботаніки та зоології

М.М. Барни і канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Л. С. Барни); «Цитоембріологічні дослідження на кафедрі ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (до 50-річчя їх заснування)», підготовленої викладачами кафедри ботаніки та зоології і кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін: докт. біол. наук, професором кафедри ботаніки та зоології М. М. Барною і канд. пед. наук, доцентом кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Л. С. Барною, канд. біол. наук, доцентами кафедри ботаніки та зоології Н. В. Герц і О. Б. Мацюк, котра виступила з доповіддю на засіданні цієї секції.

На секції «Головні напрямки розвитку сучасної біології, екології та педагогіки вищої освіти» під головуванням докт. біол. наук, професора, завідувача кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін В. В. Грубінка звучали доповіді: канд. с.-г. наук, доцента, директора Тернопільської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» І. С. Броцака і докт. с.-г. наук, професора, завідувача кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка С. В. Пиди «Сучасні погляди на проблему утилізації відходів тваринництва»; Н. М. Бех і канд. біол. наук, доцента кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка Л. О. Шевчик «Історія формування експозиції зоологічних фондів кафедри ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка»; канд. с.-г. наук, доцента кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка Г. М. Голіней «Поширені види ряду Совоподібні Strigiformes на території Теребовлянського району Тернопільської області»; канд. біол. наук, доцента кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка О. Б. Конончука, Я.В. Ісака О. Я. Паскевич «Вплив позакореневого підживлення добривом плантафол на генеративні органи і продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) і сої культурної (*Glycine max* Moench.)»; канд. с.-г. наук, доцента кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка М. А. Крижановської «Зміна чисельності *Drosophila melanogaster* на фоні використання синтетичних кондитерських ароматизаторів»; Х. І. Юсеньків і канд. біол. наук, доцента кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка Л. О. Шевчик «Імена та особистості у формуванні колекції мікротерій навчально-методичного кабінету «Зоологічний музей» кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка»; М. О. Гречковської, докт. пед. наук, професора кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін А. В. Степанюк «Інтегрований підхід як основа конструювання змісту природничо-наукової освіти школярів»; канд. біол. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін О. І. Боднар «Оптимізація умов культивування *Chlorella vulgaris* для отримання біологічно активних сполук»; канд. біол. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Г. Б. Гуменюк, канд. біол. наук, доцента кафедри хімії та методики її навчання В. О. Хоменчука, канд. біол. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін О. С. Волошин, канд. біол. наук, викладача кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін І. Б. Чень «Вміст легкогідролізованого азоту в ґрунтах Шумського району Тернопільської області».

Були проведені об'єднані секційні засідання: «Актуальні проблеми ембріології, цитоембріології та репродуктивної біології Квіткових рослин «Magnoliophyta» та «Головні напрямки розвитку сучасної біології, екології та педагогіки вищої школи» під головуванням доктора сільськогосподарських наук, професора, завідувача кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка С. В. Пиди.

Особливий інтерес викликали доповіді колективу авторів М. М. Барни, Л. С. Барни, Н. В. Герц, О. Б. Мацюк ««Цитоембріологічні дослідження на кафедрі ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (до 50-річчя їх заснування)», доповідь канд. пед. наук, доцента кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Г. Я. Жирської і докт. пед. наук, професора кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін А. В. Степанюк «Врахування принципу наступності у формуванні поняття «Подвійне запліднення» в учнів загальноосвітньої школи», Т. В. Андрусин, Н. М. Ткач, О. М. Назар, докт. біол. наук, професора, завідувача кафедри загальної біології та методики навчання природничих

дисциплін В. В. Грубінка «Адаптаційні стратегії прибережних рослин до забруднення гідроекосистеми важкими металами».

Розглядалися проблеми щодо подальшого розвитку ембріологічних, цитоембріологічних досліджень та досліджень з репродуктивної біології рослин шляхом залучення нових цитологічних, цитохімічних, біохімічних та генетичних методів дослідження.

Враховуючи важливість досліджень за темами магістерських робіт, на засіданні цієї секції були заслухані доповіді магістрантів кафедри ботаніки та зоології і кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін:

М. І. Баран – магістрант кафедри ботаніки та зоології «Видове та формове різноманіття декоративних рослин у дендрофлорі м. Тернополя»; К. О. Задворний – магістрант кафедри ботаніки та зоології «Дендрофлора парку «Топільче» м. Тернополя та перспективи її збагачення»; Н. В. Керкуш – магістрант кафедри ботаніки та зоології «Деревно-чагарникові види в озелененні територій навчальних закладів (на прикладі ТНПУ ім. В. Гнатюка)»; В. М. Москва «Особливості росту і розвитку деревних рослин в урбанізованому середовищі (на прикладі м. Тернополя)».

Живий інтерес викликало обговорення резолюції «Наукових читань, присвячених 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним». У процесі дискусійного обговорення, акцентувалася увага учасників «Наукових читань...» на тому, що за останні десятиліття, особливо після проведення «Наукових читань, присвячених 100-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним», які відбулися 23–24 вересня 1998 р. в Київському університеті імені Тараса Шевченка, в Україні значно сповільнилися цитоембріологічні дослідження, але ще проводяться в Никітському ботанічному саду – НДЦ НАНН України та на кафедрі ботаніки Ужгородського національного університету і на кафедрі ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

В обговоренні резолюції «Наукових читань...» виступили: доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки та зоології, заслужений діяч науки і техніки України М. М. Барна, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка С. В. Піда, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін В. В. Грубінко, доктор педагогічних наук, професор кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін А. В. Степанюк, кандидати біологічних наук, доценти кафедри ботаніки та зоології: О.Б. Конончук, Н. В. Герц, О. Б. Мацюк та інші.

У всіх виступах прозвучала думка, що проведені «Наукові читання, присвячені 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним», свідчать про те, що плинність часу не впливає на відзначення відкриття подвійного запліднення, яке не лише обезсмертило ім'я автора цього відкриття Сергія Гавриловича Навашина, а й звеличило вітчизняну ботанічну науку у всесвітньому науковому просторі.

У цілому дискусія допомогла з'ясувати позицію цитоембріологів, біологів, екологів, педагогів й спеціалістів інших галузей знань, підняла важливі проблеми і намітила шляхи їх вирішення.

Резолюція

«Наукових читань, присвячених 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним»

1. Проведені на кафедрі ботаніки та зоології хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка «Наукові читання, присвячені 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним» свідчать про вшанування

- відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин видатним вченим-ботаніком С. Г. Навашиним.
2. У доповідях на «Наукових читаннях ...» в ТНПУ ім. В. Гнатюка відзначалось, що останньою науковою подією, на якій вшановували відкриття подвійного запліднення С. Г. Навашиним, були «Наукові читання, присвячені 100-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним», які відбулися 23–24 вересня 1998 р. в Київському університеті імені Тараса Шевченка.
 3. На «Наукових читаннях ...» в ТНПУ ім. В. Гнатюка констатовано, що на сьогодні ембріологічними дослідженнями в Ужгородському національному університеті займаються представники четвертого покоління Київської школи цитології та ембріології, створеної академіком С. Г. Навашиним: до першого покоління належало багато його учнів, які відтак стали відомими ботаніками України, Європи й Світу, серед них лише кілька постатей М. Г. Холодний, Я. С. Модилевський, В. В. Фінню. Аспірант В. В. Фінна – Х.Ю. Руденко – представник другого покоління учнів С. Г. Навашина – в Ужгородському університеті створив свою школу ембріології, випускниками якої були: В. Ю. Мандрик, М. М. Чубірко, Й. М. Чернекі – представники третього покоління школи С. Г. Навашина. В. Ю. Мандрик сформувала свою школу ембріології в Ужгородському національному університеті: Ю. Ю. Петрус, О. Б. Колесник, Я. С. Гасинець, Х. Л. Кртч, Г. Б. Попович. Опонентом кандидатських дисертацій останніх трьох випускників школи В. Ю. Мандрик був докт. біол. наук, професор М. М. Барна.
 4. Доповідачі на «Наукових читаннях ...» в ТНПУ ім. В. Гнатюка одноставно висловлювали точку зору щодо призупинення ембріологічних досліджень у провідних науково-дослідних установах: Інституті ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Інституті цукрових буряків, Інституті садівництва, Українському науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (м. Харків), у вищих навчальних закладах України: Київському національному університеті ім. Тараса Шевченка, Одеському національному університеті ім. І. І. Мечникова, Львівському національному університеті ім. І. Франка, Полтавському аграрному університеті та ін.
 5. Водночас відзначено, що ембріологічні, цитоембріологічні дослідження та дослідження з репродуктивної біології сповільнені, але не призупинені і продовжуються в Нікітському ботанічному саду – НДЦ НААН України, Ужгородському національному університеті та Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка.
 6. У Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка ембріологічні дослідження у 70-х роках минулого століття на кафедрі ботаніки започаткував канд. біол. наук, доцент М. М. Барна, відтак доктор біологічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, під керівництвом якого в університеті створена науково-дослідна лабораторія цитоембріології, у якій підготовлено й успішно захищено одну докторську дисертацію (М. М. Барна), сім кандидатських дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук, які стали доцентами і на сьогодні два з них вибороли наукові гранти і працюють у США, одна – Н. В. Мшанецька працювала доцентом кафедри ботаніки, але, виборовши науковий грант, зараз працює у Великій Британії, решта чотири випускники школи ембріології працюють доцентами в університетах м. Львова і Тернополя, два з яких – Н. В. Герц і О. Б. Мацюк – доценти кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка.
 7. Перспективи ембріологічних, цитоембріологічних досліджень і досліджень з репродуктивної біології полягають, по-перше, у накресленні шляхів відродження ембріологічних досліджень на рівні кінця ХІХ–початку ХХ ст., по-друге, поглиблення ембріологічних досліджень шляхом застосування нових цитологічних, цитохімічних, біохімічних та генетичних методів дослідження.
 8. Для з'ясування теоретичних питань філогенії, еволюції та систематики Квіткових рослин, передусім групи *Amentiferae*, розкриття механізмів морфогенезу генеративних органів, деталізації етапів органогенезу репродуктивних структур полікарпічних деревних рослин

- повинні широко застосовуватися ембріологічні, цитоембріологічні дослідження та дослідження з репродуктивної біології рослин.
9. Застосування цитоембріологічних досліджень для вирішення практичних питань генетико-селекційної роботи за внутрішньовидових схрещувань та міжвидової гібридизації в родинях *Salicaceae* Mirb та *Juglandaceae* A. Rich. ex Kunth., *Fagaceae* Dumort. та ін. і з'ясування бар'єрів несумісності за міжвидової гібридизації, розробки методів підбору батьківських пар для одержання гетерозисних гібридів.
 10. Застосуванням в цитоембріологічних дослідженнях постійного магнітного поля (ПМП) для подолання бар'єрів несумісності за міжвидової гібридизації в лісовій селекції та прогнозування гетерозису гібридів в родах *Populus* L., *Salix* L., *Juglans* L., *Quercus* L.
 11. Реалізація накреслених завдань вирішуватиметься шляхом публікації статей у наукових фахових виданнях, включених до наукометричних баз даних Index Copernicus, Web of Science, Scopus та ін., одержанням патентів на наукові розробки, публікації монографій і підручників та навчальних посібників для магістрантів.
 12. Ембріологам кафедри ботаніки та зоології ТНПУ ім. В. Гнатюка широко використовувати досягнення цитоембріології та репродуктивної біології у процесі підготовки навчальних посібників для магістрантів спеціальності «Біологія».
 13. Колективу цитоембріологів кафедри ботаніки та зоології (проф. М. М. Барна, доц. Н. В. Герц, доц. О. Б. Мацюк) впродовж 2019–2020 н. р. розробити проспекти для підготовки монографій з ембріології, цитоембріології чи репродуктивної біології.
 14. Спрямувати роботу колективу кафедри ботаніки та зоології щодо підготовки до публікації «Матеріалів наукових читань, присвячених 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним».
 15. Опубліковані «Матеріали наукових читань, присвячених 120-річчю відкриття подвійного запліднення у покритонасінних рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним» розіслати за обов'язковим списком і на ботанічні кафедри вищих навчальних закладів України (відповідальні: доценти Н. В. Герц, О. Б. Мацюк, викладач Г.М. Голіней).

Резолюція схвалена, прийнята одноголосно та рекомендована до виконання.

1. Банникова В. П., Хведьнич О. А. Основы эмбриологии растений. Киев: Наук. думка, 1982. 164 с.
2. Банникова В. П., Хведьнич О. О. 90-річчя відкриття подвійного запліднення. *Український ботанічний журнал*. Київ, 1988. Т. 45, № 5. С. 93–97.
3. Банникова В. П., Плющ Т. А. Ультраструктура яйцевого апарата зародкового мешка покритосемянных растений *Український ботанічний журнал*. Київ. 1982. Т. 39, № 6. С. 81–87.
4. Банникова В. П., Плющ Т.А. Слияние ядер гамет и полярных ядер у цветковых растений. *Цитология и генетика*. Київ, 1990. Т. 24, № 1. С. 62–64.
5. Барна М. М. Ботаніка, Терміни, Поняття. Персоналії. навч. посіб. 4-те вид., доп. і змін. Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2015. 360 с.: іл.
6. Барна М. М., Барна Л. С. Видатні вчені–ботаніки: навч. посіб. Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2013. 192 с.: іл.
7. Барна М. М. Гаметогенез, запліднення та ембріогенез у деяких видів роду *Salix* L. *Матеріали наук. читань, присвяч. 100-річчю відкриття подвійного заплід. у покритонас. рослин професором Університету святого Володимира С. Г. Навашиним*. К.: Фітосоціоцентр, 1998. С. 8–12.
8. Барна М. М. Морфологічні, цитологічні та гістологічні особливості етапів ембріогенезу видів родини *Salicaceae* Mirb. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія. Біологія*. Тернопіль, 2001. № 1 (12). С. 9–15.
9. Барна Н. Н. Сравнительная эмбриология видов *Salicaceae* в связи с их филогенией и эволюцией. *Труды XII Международного ботанического конгресса*. Ленинград: Наука, 1975. Т. 1. С. 243.
10. Барна Н. Н. Цитоембриологическое исследование некоторых видов рода *Populus* L. в связи с гибридизацией : автореф. дис. ...канд. биол. наук : 094. Киев, 1969. 24 с.
11. Бланковская Т. Ф. Морфофункциональные аспекты развития генеративных структур хлебных злаков : автореф. дис. ...д-ра биол. наук :03.00.05. Санкт-Петербург, 1992. 31 с.
12. Герасимова–Навашина Е. Н. Оплодотворение как онтогенетический процесс. *Ботанический журнал*. Ленинград, 1957. Т. 42, № 11. С. 1954–1957.

13. Герц Н. В. Біологія цвітіння та ембріологія видів роду *Acer* L. у зв'язку зі зміною статі : автореф. дис. ... канд. біол. наук. Київ, 2011. 20 с.
14. Колесник О. Б. Ембріологія видів триби *Sanguisorbeae* (*Rosaceae*) : автореф. дис. канд. біол. наук. : 03.00.01. Ужгород, 1996. 19 с.
15. Кордюм Е. Л. Значение эмбриологии для решения вопросов систематики и филогении покрытосеменных растений. *Проблемы эмбриологии*. Киев: Наук. думка, 1971. С. 196–216.
16. Кордюм Е. Л. Эволюционная цитозембриология покрытосеменных растений. Н. В. Киев: Наук. думка, 1978. 220 с.
17. Коробова С. Н. Движение спермиев покрытосемянных растений в пыльцевой трубке и в зародышевом мешке. *Актуальные вопросы эмбриологии покрытосеменных растений*. Л.: Наука, 1979. С. 5–19.
18. Кравец Е. А. Развитие зародышевого мешка и процесс оплодотворения у представителей рода (*Tournef.*) L. : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Киев, 1987. 16 с.
19. Крч Х. Л. Ембріологія видів триби *Potentillae* (*Rosaceae*) : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2004. 18 с.
20. Мандрик В. Ю. Особенности семенной репродукции видов сем. *Rosaceae* в природных популяциях (на примере флоры Карпат) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05. Ленинград, 1990. 48 с.
21. Мандрик В. Ю., Петрус Ю. Ю. Семейство *Rosaceae*. *Сравнительная эмбриология цветковых*. Ленинград: Наука, 1985. С. 55–64.
22. Мацюк О. Б. Морфогенез генеративних органів і біологія цвітіння горіха грецького (*Juglans regia* L.) в умовах Західного Поділля : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2013. 20 с.
23. Модилевский Я. С. История отечественной эмбриологии высших растений. Киев: Изд-во АН Украинской ССР, 1956. 204 с.
24. Навашин М. С. 75 лет теории двойного оплодотворения *Половой процесс и эмбриогенез: Материалы Всесоюзного симпозиума, посвященного 75-летию открытия академиком С. Г. Навашиным двойного оплодотворения у покрытосеменных растений*. Москва, 1973. С. 163–164.
25. Навашин С. Г. Новые наблюдения над оплодотворением у *Fritillaria tenella* и *Lilium martagon*. *Известия имперской Академии Наук*. Ноябрь 1898 г. Т. XIII, № 3, С. 335–340.
26. Петрус Ю. Ю. Цитозембриологическое исследование некоторых видов ежевик (*Rubus* L.) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05. Киев, 1975. 19 с.
27. Плющ Т. А. Ультраструктура зародышевого мешка покрытосеменных. Киев: Наук. думка, 1992. 148 с.
28. Поддубная–Арнольди В. А. Значение эмбриологических исследований высших растений для систематики. *Успехи современной биологии*. Москва, 1951. Т. 32, № 3. С. 352–392.
29. Поддубная–Арнольди В. А. Значение эмбриологических исследований для построения филогенетической системы покрытосеменных растений. *Проблемы ботаники*. Москва, 1958. № 3. С. 196–247.
30. Поддубная–Арнольди В. А. Общая эмбриология покрытосеменных растений. М.: Наука, 1964. 482 с.
31. Поддубная–Арнольди В. А. Характеристика семейств покрытосеменных растений по цитозембриологическим признакам. М.: Наука, 1982. 352 с.
32. Попович Г. Б. Ембріологічні особливості насінної репродукції деяких видів *Spiraeoideae*, *Rosoideae* (*Rosaceae*) із флори Українських Карпат : автореф. дис. канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2010. 20 с.
33. С. Г. Навашин. Избранные труды. Т. 1. / редкол.: акад. В. Н. Сукачев (председ.) и др. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1951 364 с.
34. Симоненко В. К. Цитология развития пыльника в норме и при различных типах мужской стерильности, используемой в селекции : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.05. Ялта. 44 с.
35. Смирнов А. Г. Женский гаметофит покрытосеменных и его эволюция. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1982. 120 с.
36. Способ Барны Н. Н. прогнозирования гетерозиса у гибридов тополей и ив: А. с. 1457866 СССР, МКИ А 01 Н 1/04 / Н. Н. Барна (СССР). – № 4104950/30–13; Заявлено 02.06.86; Опубл. 15.02.89, Бюл. № 6. – 6 с.
37. Способ Барны Н. Н. подбора родительских пар для получения гетерозисных гибридов ивовых: А. с. 1655388 СССР, МКИ А 01 Н 1/04. / Н. Н. Барна (СССР). – № 4664259/13; Заявлено 26.01.89; Опубл. 15.06.91, Бюл. № 22. – 4 с.
38. Худяк М. И. Эндосперм покрытосемянных растений (особенности развития и роль в плодобразовании). Киев: Изд-во АН УССР, 1963. 184 с.
39. Чубирко М. М. Эмбриологическое исследование некоторых кормовых бобовых : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 094. Москва, 1964. 20 с.
40. Чубірко М. М. Пам'яті та вдячності гідний (до 110 річниці від дня народження Х. Ю. Руденка). М. М. Чубірко. *Український ботанічний журнал*. Київ 2011. Т. 68, № 6. С. 910–914.

41. Barna N. N. Some morphological aspects of reproductive biology of species of *Salicaceae* Mirb. Family. Proceedings of International Symposium «Forest Genetics, Breeding and Physiology of woody plants». M., 1989. P. 156–157.
42. Barna N. N. Peculiarities of development of ovules and female archesporium in *Salicaceae* Mirb. Family species. Abstracts of the papers and posters, presented at the XII International Symposium «Embryology and seed reproduction». L.: Nauka, 1990. P. 16–17.
43. Rodkiewicz B. Embriologia roślin Kwiatowych. Warszawa: Państw. Wyd-wo Nauk., 1973. 284 S.

References

1. Bannikova V. P., Khvedynich O. A. Osnovy embriologii rasteniy. Kiev: Nauk. dumka, 1982. 164 s. (in Russian).
2. Bannykova V. P., Khvedynych O. O. 90-richchia vidkryttia podviynoho zaplidnennia. Ukrains'kyi botanichnyy zhurnal. Kyiv, 1988. T. 45, No 5. S. 93–97. (in Ukrainian).
3. Bannikova V. P., Pliushch T. A. Ul'trastruktura iaytseвого apparata zarodyshevogo meshka pokrytosemennykh rasteniy Ukrains'kiy botanichnyy zhurnal. Kyiv. 1982. T. 39, No 6. S. 81–87. (in Ukrainian).
4. Bannikova V. P., Pliushch T.A. Sliianie iader gamet i poliarnykh iader u tsvetkovykh rasteniy. Tsitologiya i genetika. Kyiv, 1990. T. 24, No 1. S. 62–64. (in Russian).
5. Barna M. M. Botanika, Terminy, Poniattia. Personalii. navch. posib. 4-te vyd., dop. i zmin. Ternopil': TzOV «Terno-hraf», 2015. 360 s.: il. (in Ukrainian).
6. Barna M. M., Barna L. S. Vydatni vcheni–botaniky: navch. posib. Ternopil': TzOV «Terno-hraf», 2013. 192 s.: il. (in Ukrainian).
7. Barna M. M. Hametohenez, zaplidnennia ta embriohenez u deiakykh vydiv rodu *Salix* L. Materialy nauk. chytan', prysviach. 100–richchiu vidkryttia podviynoho zaplid. u pokrytonas. roslyn profesorom Universytetu sviatoho Volodymyra S. H. Navashynym. K.: Fitosotsiotsentr, 1998. S. 8–12. (in Ukrainian).
8. Barna M. M. Morfolohichni, tsytolohichni ta histolohichni osoblyvosti etapiv embriohenezu vydiv rodu *Salicaceae* Mirb. Naukovi zapysky Ternopil's'koho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya. Biolohiya. Ternopil', 2001. No 1 (12). S. 9–15. (in Ukrainian).
9. Barna N. N. Sravnitel'naia embriologiya vidov *Salicaceae* v svyazi s ikh filogeniyei i evoliutsiyei. Trudy XII Mezhdunarodnogo botanicheskogo kongressa. Leningrad: Nauka, 1975. T. 1. S. 243. (in Russian).
10. Barna N. N. Tsitoembriologicheskoe issledovanie nekotorykh vidov roda *Populus* L. v svyazi s gibridizatsiyei : avtoref. dis. ...kand. biol. nauk : 094. Kiev, 1969. 24 s. (in Russian).
11. Blankovskaia T. F. Morfofunktsional'nye aspekty razvitiia generativnykh struktur khlebnnykh zlakova : avtoref. dis. ...d-ra biol. nauk : 03.00.05. Sankt-Peterburg, 1992. 31 s. (in Russian).
12. Gerasimova–Navashina E. N. Oplodotvorenii kak ontogeneticheskii protsess. Botanicheskii zhurnal. Leningrad, 1957. T. 42, No 11. S. 1954–1957. (in Russian).
13. Gerts N. V. Biologiya tsvitinnia ta embriologiya vidiv rodu *Acer* L. u zv'iazku zi zminoiu stati : avtoref. dis. ...kand. biol. nauk. Kiiiv, 2011. 20 s. (in Ukrainian).
14. Kolesnik O. B. Embriologiya vidiv tribi *Sanguisorbeae* (Rosaceae) : avtoref. dis. kand. biol. nauk. : 03.00.01. Uzhgorod, 1996. 19 s. (in Ukrainian).
15. Kordium E. L. Znachenie embriologii dlia resheniia voprosov sistematiki i filogenii pokrytosemennykh rasteniy. Problemy embriologii. Kiev: Nauk. dumka, 1971. S. 196–216. (in Russian).
16. Kordium E. L. Evoliutsionnaia tsitoembriologiya pokrytosemennykh rasteniy. N. V. Kiev: Nauk. dumka, 1978. 220 s. (in Russian).
17. Korobova S. N. Dvizhenie spermiev pokrytosemiannykh rasteniy v pyl'tsevoy trubke i v zarodyshevom meshke. Aktual'nye voprosy embriologii pokrytosemennykh rasteniy. L.: Nauka, 1979. S. 5–19. (in Russian).
18. Kravets E. A. Razvitie zarodyshevogo meshka i protsess oplodotvoreniiia u predstaviteley rodu (Tourn.) L. : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.00.05. Kiev, 1987. 16 s. (in Russian).

19. Krch Kh. L. Embrilohiia vydiv tryby Potentillae (Rosaceae) : avtoref. dys. ...kand. biol. nauk : 03.00.05. Kyiv, 2004. 18 s. (in Ukrainian).
20. Mandrik V. Iu. Osobennosti semennoy reproduksii vidov sem. Rosaceae v prirodnykh populiatsiiakh (na primere flory Karpat) : avtoref. dis. ...d-ra biol. nauk : 03.00.05. Leningrad, 1990. 48 s. (in Russian).
21. Mandrik V. Iu., Petrus Iu. Iu. Semeystvo Rosaceae. Cravnitel'naia embriologiiia tsvetkovykh. Leningrad: Nauka, 1985. S. 55–64. (in Russian).
22. Matsiuk O. B. Morfohenez heneratyvnykh orhaniv i biolohiia tsvitinnia horikha hrets'koho (*Juglans regia* L.) v umovakh Zakhidnoho Podillia : avtoref. dys. ...kand. biol. nauk : 03.00.05. Kyiv, 2013. 20 s. (in Ukrainian).
23. Modilevskiy Ia. S. Istoriia otechestvennoy embriologii vysshikh rasteniy. Kiev: Izd-vo AN Ukrainskoy SSR, 1956. 204 s. (in Russian).
24. Navashin M. S. 75 let teorii dvoynogo oplodotvoreniiia Polovoy protsess i embriogenez: Materialy Vsesoiuznogo simpoziuma, posviashchennogo 75-letiiu otkrytiia akademikom S.G.Navashinym dvoynogo oplodotvoreniiia u pokrytosemennykh rasteniy. Moskva, 1973. S. 163–164. (in Russian).
25. Navashin S. G. Novye nabliudeniia nad oplodotvorenim u *Fritillaria tenella* i *Lilium martagon*. Izvestiia imperskoy Akademii Nauk. Noiabr' 1898 g. T. KhIII, No 3, S. 335–340. (in Russian).
26. Petrus Iu. Iu. Tsitoembriologicheskoe issledovanie nekotorykh vidov ezhevik (*Rubus* L.) : avtoref. dis. ...kand. biol. nauk : 03.00.05. Kiev, 1975. 19 s. (in Russian).
27. Pliushch T. A. Ul'trastruktura zarodyshevogo meshka pokrytosemennykh. Kiev: Nauk. dumka, 1992. 148 s. (in Russian).
28. Poddubnaia–Arnol'di V. A. Znachenie embriologicheskikh issledovaniy vysshikh rasteniy dlia sistematiki. Uspekhi sovremennoy biologii. Moskva, 1951. T. 32, No 3. S. 352–392. (in Russian).
29. Poddubnaia–Arnol'di V. A. Znachenie embriologicheskikh issledovaniy dlia postroeniia filogeneticheskoy sistemy pokrytosemennykh rasteniy. Problemy botaniki. Moskva, 1958. No 3. S. 196–247. (in Russian).
30. Poddubnaia–Arnol'di V. A. Obschchaia embriologiiia pokrytosemennykh rasteniy. M.: Nauka, 1964. 482 s. (in Russian).
31. Poddubnaia–Arnol'di V. A. Kharakteristika semeystv pokrytosemennykh rasteniy po tsitoembriologicheskim priznakam. M.: Nauka, 1982. 352 s. (in Russian).
32. Popovych H. B. Embriolohichni osoblyvosti nasinnoi reproduksii deiakykh vydiv *Spiraeoideae*, *Rosoideae* (*Rosaceae*) iz flory Ukrain'skykh Karpat : avtoref. dys. kand. biol. nauk : 03.00.05. Kyiv, 2010. 20 s. (in Ukrainian).
33. S. G. Navashin. Izbrannye trudy. T. 1. / redkol.: akad.. V. N. Sukachev (predsed.) i dr. Moskva-Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1951 364 s. (in Russian).
34. Simonenko V. K. Tsitologiiia razvitiia pyl'nika v norme i pri razlichnykh tipakh muzhskoy steril'nosti, ispol'zuemoy v seleksii : avtoref. dis. ...d-ra biol. nauk : 03.00.05. Ialta. 44 s. (in Russian).
35. Smirnov A. G. Zhenskiy gametofit pokrytosemennykh i ego evolutsiia. Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 1982. 120 s. (in Russian).
36. Sposob Barny N. N. prognozirovaniia geterozisa u gibridov topoley i iv: A. s. 1457866 SSSR, MKI A 01 N 1/04 / N. N.Barna (SSSR). – No 4104950/30–13; Zaiavleno 02.06.86; Opubl. 15.02.89, Biul. No 6. – 6 s. (in Russian).
37. Sposob Barny N. N. podbora roditel'skikh par dlia polucheniiia geterozisnykh gibridov ivovykh: A. s. 1655388 SSSR, MKI A 01 N 1/04. / N. N.Barna (SSSR). – No 4664259/13; Zaiavleno 26.01.89; Opubl. 15.06.91, Biul. No 22. – 4 s. (in Russian).
38. Khudiak M. I. Endosperm pokrytosemiannykh rasteniy (osobennosti razvitiia i rol' v plodoobrazovanii). Kiev: Izd-vo AN USSR, 1963. 184 s. (in Russian).
39. Chubirko M. M. Embriologicheskoe issledovanie nekotorykh kormovykh bobovykh : avtoref. dis. ...kand. biol. nauk : 094. Moskva, 1964. 20 s. (in Russian).
40. Chubirko M. M. Pam'iaty ta vdiachnosti hidnyy (do 110 richnytsi vid dnia narodzhennia Kh.Yu. Rudenka). M. M. Chubirko. Ukrain'skyy botanichnyy zhurnal. Kyiv 2011. T. 68, No 6. S. 910-914. (in Ukrainian).

41. Barna N. N. Some morphological aspects of reproductive biology of species of Salicaceae Mirb. Family. Proceedings of International Symposium «Forest Genetics, Breeding and Physiology of woody plants». M., 1989. P. 156–157.
42. Barna N. N. Peculiarities of development of ovules and female archesporium in Salicaceae Mirb. Family species. Abstracts of the papers and posters, presented at the XII International Symposium «Embryology and seed reproduction». L.: Nauka, 1990. P. 16–17.
43. Rodkiewicz B. Embriologia roślin Kwiatowych. Warszawa: Państw. Wyd-wo Nauk., 1973. 284 S.

M.M. Barna, L.S. Barna

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

SCIENTIFIC READINGS DEDICATED TO THE 120TH ANNIVERSARY OF DOUBLE FERTILIZATION IN ANGIOSPERMS DISCOVERED BY S.NAVASHYN, PROFESSOR OF ST.VOLODYMYR UNIVERSITY

On February 6-7, 2019, the Department of Botany and Zoology of the Faculty of Chemistry and Biology of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University hosted “Scientific readings” dedicated to the 120th anniversary of the discovery of double fertilization in angiosperms made by S. Navashyn, the professor of Saint Volodymyr University.

The conference was attended by 7 doctors of sciences, professors, 12 candidates of sciences, associate professors, teaching staff and assistants of the Department of Botany and Zoology, Department of General Biology and Methods of teaching of sciences of TNPU, research fellows of the Ternopil branch of the “Institute of Soil Protection of Ukraine”, undergraduate and postgraduate students of the chemical and biological faculty.

The conference program included both plenary and section meetings, discussions. Questions highlighted covered such key areas:

1. Actual problems of embryology, cytomebriology and reproductive biology of flowering plants (Magnoliophyta).
2. Current trends in development of modern biology, ecology and pedagogy of higher education.

At the plenary meeting (chairman S.V. Pyda, doctor of agricultural sciences, professor, head of the Department of Botany and Zoology), the reports were delivered by M. M. Barna, doctor of biology, professor of the Department of Botany and Zoology, L.S. Barna, candidate of Pedagogy, Associate Professor of the Department of General Biology and Methods of Teaching Sciences, N.V. Herts and O.B. Matsiuk, Associate Professors of the Department of Botany and Zoology (N.V. Hertz presented a speech entitled “Serhii Navashyn, the professor of Saint Volodymyr University, 1857-1930, dedicated to the 120th anniversary of the discovery of double fertilization in angiosperms”); M. M. Barna, doctor of biology, professor of the Department of Botany and Zoology, and L.S. Barna, Associate Professor of the Department of General Biology and Methods of Teaching Sciences made a keynote statement under the title “Historical Account and Controversial Nature of Discovery of Double Fertilization in Angiosperms by S. Navashyn”; H.Ya. Zhyska, Associate Professor of the Department of General Biology and Methods of Teaching Sciences, and Professor A.V. Stepaniuk made a report on the “Consistency crucial to the mental representation of “double fertilization” in the minds of high school students; V.V Hrubinko, Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of General Biology and Methods of Teaching Sciences made a report on “Adaptation Strategies of Waterside Plants to Pollution of Hydroecosystem with Hard Metals”.

All the reports were assisted with multimedia devices.

The closing meeting chaired by S.V Pyda, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of Botany and Zoology of TNPU summed up the presentations and passed the resolution of “Science Readings”.

Key words: S. Navashyn, science readings, double fertilization, angiosperms, embryology, cytomebriology, biology, ecology, high school pedagogy

Надійшла 15.02.2019.

¹С.В. ПИДА, ²І.П. ГРИГОРЮК, ¹М.М. БАРНА

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

²Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв оборони, 15. Київ, 03041

e-mail: pyda@chem-bio.com.ua

**ЛИХОЛАТ ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ – ВІДОМИЙ УЧЕНИЙ-БІОЛОГ,
НАСТАВНИК, ГРОМАДСЬКИЙ ДІЯЧ (до 60-річчя від дня
народження)**



ПРОФЕСОР ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ ЛИХОЛАТ

«І я бачив, – нема чоловікові кращого,
як ділами своїми радіти, бо це доля його!»

Еклезіаст, 3.22

29 січня 2019 року виповнилося 60 років від дня народження подвижника біологічної науки, доктора біологічних наук, професора, академіка АН Вищої школи України, дійсного члена Міжнародної академії біоенерготехнологій, завідувача кафедри фізіології та інтродукції рослин Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара Юрія Васильовича Лихолата.

Народився 29.01. 1959 р. у мальовничому селі Мишуричівка Верхньодніпровського району Дніпропетровської області у сім'ї вчителя. У 1976–1981 рр. навчався на кафедрі геоботаніки Дніпропетровського державного університету (ДДУ). Крім навчання, Ю.В. Лихолат значну увагу приділяв студентській науковій роботі. Під керівництвом своїх наставників професорів О. Л. Бельгарда, А. П. Травлєєва та доцента Тарасова В. В. у цей період досліджував біолого-екологічні властивості адвентивних видів Придніпровського регіону, значну увагу при цьому приділяючи виявленню масштабів їх розповсюдження та визначенню рівня їх β -радіоактивності.

Трудову діяльність Ю. В. Лихолат розпочав у 1981 р. після закінчення Дніпропетровського державного університету в радгоспі «Декоративні культури» м. Дніпропетровська. У цей період у місті відбувалося активне будівництво нових житлових масивів. Працюючи на посаді агронома радгоспу, під його керівництвом вирощували посадковий матеріал для проведення озеленення дніпропетровських масивів «Тополя-2», «Тополя-3», «Сокіл», «Сонячний», «Перемога» та реконструкції низки парків, скверів, проспектів і вулиць міста. У цей період Юрій Васильович також активно займався раціоналізаторською роботою. Так, у 1982 році він був визнаний кращим раціоналізатором області у системі зеленого будівництва.

З 1983 до 1986 рр. – аспірант кафедри фізіології рослин та екології ДДУ. Кандидатську дисертацію захистив у 1986 р. на тему «Водний режим растений в условиях загрязнения среды углеводородами» під керівництвом д.б.н., професора Долгової Л. Г. З 1986 р. – асистент, а з 1990 р. – доцент кафедри фізіології рослин ДДУ. У 1992–2000 рр. – заступник декана заочного факультету та заступник директора Інституту біології з заочної форми навчання. Доктор біологічних наук за спеціальністю “Екологія” – з 2003 р., професор – з 2005 р. Докторську дисертацію «Еколого-фізіологічні основи формування дернових покривів в умовах степової зони України (стійкість, динаміка, техногенез)» захистив у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, науковий консультант д. б. н., професор І. І. Коршиков.

Його наукові інтереси пов'язані із сферою практичної екології. Напрямок наукових досліджень стосується актуальних проблем розробки фізіолого-біохімічних теоретичних і практичних основ моделювання та формування стійких оптимізуючих середовище культурфітоценозів, основною складовою яких є дерноутворюючі трави. Засновник нового наукового напрямку у біології – техногазоноведення.

На основі наукових розробок Ю.В. Лихолата у 90-х роках на території хімічних підприємств міста та області проведена реконструкція існуючих зелених насаджень. На початку 2000-х років наукові розробки враховані при реконструкції газонів на вулицях міста.

Поряд із цим, спільно із співробітниками Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне» ім. М. К. Янгеля» м. Дніпропетровська, проводив дослідження за напрямком корекції порушень фізіології розвитку біосистем у процесі розвитку біоенергетичних взаємодій внутрішнього та зовнішнього поля, використання мм-хвиль для підвищення ефективності біосистем, використання поля різної природи для компенсації впливу на фотосистеми негативних чинників космічних станцій. Особлива увага приділена технології використання мм-хвиль на різних стадіях вирощування рапсу для його використання в виробництві біопалива.

В останні роки під його керівництвом проведена інвентаризація парків міста Дніпро та розроблені заходи щодо проведення невідкладних заходів з їхнього оздоровлення та реконструкції.

Ю.В. Лихолат бере активну участь у «Програмі з локалізації та ліквідації амброзії полинолистої та інших карантинних організмів на території м. Дніпра», яка, зокрема, включає забезпечення реалізації комплексу заходів з локалізації розробки біологічних методів контролю та ліквідації вогнищ карантинних рослин і чисельності їх насіння на території міста,

зменшення кількості випадків захворювання на алергію серед населення, пов'язаних з цвітінням амброзії та інших карантинних рослин, посилення уваги широких верств населення до існуючої проблеми шляхом популяризації знань та роз'яснень щодо шкідливості бур'яну – алергену, приведення в належний фітосанітарний та естетичний стан території міста, забезпечення контролю за виконанням заходів проти карантинного бур'яну підприємствами, організаціями та установами незалежно від форми власності і підпорядкування, посадовими особами та громадянами. За його керівництва проводяться розробки біологічних методів боротьби з амброзією полинолистою: аделопатичного впливу рослинних екстрактів на вегетативний і генеративний розвиток цього карантинного виду.

Являючись науковим консультантом ботанічного саду ДНУ імені Олеса Гончара, Ю.В. Лихолат дбає про його розвиток та перспективи. За ініціативи вченого ботанічний сад постійно поповнюється новими рослинами, які спочатку проходять період інтродукційного випробування, а відтак передаються місту та області для впровадження в систему озеленення.

Ю.В. Лихолат автор і співавтор понад 570 наукових і науково-методичних праць. Серед них 6 монографій (одна видана за кордоном), 11 публікацій у виданнях, що входять у наукометричну базу Scopus, 20 – Web of Science, 2 підручники, 11 навчально-методичних посібників з яких 3 з грифом МОН України, 16 навчально-методичних розробок, 5 методичних рекомендацій для виробництва. Серед навчальної літератури значною популярністю користуються підручники – Адаптація рослин до антропогенних чинників. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 98 с. (співавт.); Популяційна антропология. – Дніпро : РВВ ДНУ, 2018. 296 с. (співавт.) та посібники – Землеробство з основами агрохімії декоративних рослин. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетровського університету, 1999. 72 с. (одноосібно); Ландшафтний фітодизайн. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетровського університету, 2012. 201 с. (співавт.); Анатомія рослин. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2013. 115 с. (співавт.); Спецпрактикум з фізіології та біохімії рослин. – ФОП Середняк Т.К., 2014. 224 с. (співавт.) та ін.

Величезна та невичерпна працездатність дозволили йому зробити значний внесок у розвиток міждисциплінарних досліджень загальних та теоретичних проблем сучасної фізіології та інтродукції рослин, екології, охорони довкілля, просвітницьку роботу рідного міста та України.

Академік академії наук Вищої школи України, дійсний член Міжнародної академії біоенерготехнологій – він здійснює керівництво науковою роботою магістрів, аспірантів, здобувачів. Є членом двох спецрад із захисту докторських і кандидатських дисертацій за спеціальністю “Екологія” та “Фізіологія рослин і біотехнологія”. Член редколегії 5 наукових журналів. Брав участь у розробці галузевого стандарту Вищої освіти України за ОКР Магістр з Фізіології рослин: «Фізіологія адаптацій рослин», «Фізіологія та екологія фотосинтезу», «Генетична інженерія та біотехнологія рослин», «Екофізіологія рослин», член експертної ради МОН України секції «Лісове та садово-паркове господарство».

Ю.В. Лихолат постійно впроваджує в навчальний процес найновітніші методи досліджень і на належному науково-методичному рівні викладає нормативні курси: “Фізіологія адаптацій рослин”, “Екофізіологія”, “Екологія”, “Газознавство”, “Методологія та організація наукових досліджень”.

За роки роботи в ДНУ підготував цілу плеяду фахівців-біологів, які сьогодні успішно працюють у різних галузях України.

Наукова і педагогічна діяльність Ю.В. Лихолата здобула заслужений резонанс як в Україні, так і за її межами, його наукові погляди набули визнання та розвитку серед учених молодшого покоління. Йому притаманні чесність, порядність, людяність, активна громадська позиція у процесі розвитку вітчизняної науки.

За особистий внесок у розвиток біологічної науки він нагороджений грамотами та подяками МОН України, Дніпровського національного університету імені Олеса Гончара, Донецького національного університету імені Василя Стуса, міста, області, «Почесним знаком ЦК ДОСААФ» (1986 рік), медаллю «За вірну службу ДНУ» (2013 рік) та медаллю «25 років АН ВШ України» (2017 рік).

Сердечно вітаємо Юрія Васильовича Лихолата зі славним 60-річчям від дня народження та бажаємо благополуччя, нових професійних перемог та висот! Нехай доля і надалі буде прихильною до Вас, даруючи незрадливую удачу, натхнення, вірних і надійних друзів, втілення задуманого та якомога більше щасливих днів, зігрітих щирістю почуттів. Хай примножиться творене Вами добро, а Ваші наукові ідеї знаходять втілення!

S.V. Pyda, I.P. Hryhoriuk, N.N. Barna

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

YURII VASYLOVYCH LYKHOLAT - RENOWNED SCIENTIST, BIOLOGIST, MENTOR AND PUBLIC FIGURE (dedicated to 60th anniversary)

January 29th, 2019 marks the 60th birthday of Yurii Vasylovych Lykholat, a proponent of biological science, doctor of sciences, professor, academician of the Academy of Sciences of Ukraine, a member of the International Academy of Bioenergetics, the head of the Department of Physiology and Plant introduction of the Oles Honchar Dnipro National University.

In 1981 after graduating from Dnipropetrovsk State University (DDU) Yu. V. Lykholat landed his career at a state farm "Ornamental Plants" located in the city of Dnipropetrovsk. In 1982 he was recognized for his great contribution into the development of city greenery.

From 1983 to 1986 he was doing his postgraduate course at the Department of Plant Physiology and Ecology at the State University of Agriculture. In 1986 he defended his Ph.D. thesis entitled "Water regime of plants in conditions of pollution of the environment by hydrocarbons" supervised by Professor Dolgova L. G. In 1986 he was appointed an assistant, and in 1990 - an Associate Professor of the Department of Plant Physiology at DDU. From 1992 to 2000 he became a deputy dean of the Extramural Department and deputy director of distance learning at the Institute of Biology. In 2003 he was awarded a PhD degree, subject "Ecology", in 2005 he became a Professor. 2005 doctoral dissertation "Ecological and physiological bases of formation of turf cover in conditions

The Doctoral dissertation "Ecological and physiological foundations of formation of turf covers in the climate of the steppe zone of Ukraine (stability, dynamics, technogenesis)" was defended at the Yurii Fedkovych Chernivtsi National University, scientific supervisor Professor I. I. Korshykov.

His scientific interests cover the issues of practical ecology. The research studies deal with the development of physiological and biochemical, both theoretical and practical foundations of modeling and the formation of a stable optimizing environment for cultivated phytocenoses, the main component of which is turf herbs. Yu. Lykholat is considered as a founder of a new scientific direction in biology - techno-gasology.

Yu. V. Lykholat is the author and co-author of more than 570 scientific and methodological works, including 6 monographs (one published abroad), 11 publications in Scopus, 20 - Web of Science, 2 textbooks, 11 textbooks, 3 of which authorized by the Ministry of Education and Science of Ukraine, 16 practical manuals, 5 methodical guidelines for manufacturing.

Надійшла 15.02.2019.

¹І.П. ГРИГОРЮК, ²В.П. ПАТИКА, ³С.В. ПИДА

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

²Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03141

³Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

e-mail: pyda@chem-bio.com.ua

**ПАМ'ЯТІ ВИДАТНОГО ВЧЕНОГО-БІОЛОГА, ПРОФЕСОРА
ЗІНАЇДИ МАРТИНІВНИ ГРИЦАЄНКО
(7.07.1928 –25.11.2018)**



25 листопада 2018 року на 91 році зупинилося серце видатної вченої у галузі біології та агротехніки сільськогосподарських культур, доктора сільськогосподарських наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України, академіка Академії наук Вищої освіти України, завідувача кафедри біології Уманського Національного університету садівництва Зінаїди Мартинівни Грицаєнко.

Народилася З. М. Грицаєнко 7 липня 1928 року в мальовничому селі Старі Бабани Уманського району Черкаської області у багатодітній сім'ї хліборобів-службовців. Закінчивши п'ять класів і першу чверть шостого Старобабанської середньої школи, Зінаїда Мартинівна тимчасово переїжджає до старшої сестри Анни в м. Кіровоград, де продовжила навчання в загальноосвітній середній школі № 21, яку успішно закінчила в 1949 році. Після завершення навчання в середній школі Зінаїда Мартинівна за покликанням вступила на плодоовочевий

факультет Уманського сільськогосподарського інституту, який закінчила в 1955 році і отримала спеціальність вченого агронома-плодоовочівника.

Трудову діяльність розпочала агрономом-ентомологом, а потім в 1954–1955 рр. викладачем спеціальних дисциплін Зіньківської машино-тракторної станції Хмельницької області. В 1955–1961 рр. працювала лаборантом, старшим лаборантом і асистентом кафедри біології Кам'янець-Подільського сільськогосподарського інституту. Уже маючи певний досвід науково-дослідної і виробничої роботи, Зінаїда Мартинівна в 1961 р. вступає в аспірантуру з відривом від виробництва на кафедру загального землеробства Уманського сільськогосподарського інституту, яку закінчує в 1964 році.

Упродовж 1964–1967 рр. вона обіймала посаду асистента кафедри агрохімії і фізіології рослин, де вміло поєднувала педагогічну та наукову діяльність. У 1965 р. Зінаїда Мартинівна під керівництвом відомого вченого, доктора сільськогосподарських наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки УРСР С. С. Рубіна в Інституті фізіології рослин АН УРСР успішно захистила дисертацію на тему «Биологическое обоснование и разработка эффективных приемов использования гербицидов в посевах кукурузы» і отримала науковий ступінь кандидата біологічних наук за спеціальністю «Фізіологія рослин». Підсумком цього періоду життя стало її обрання в 1967 р. старшим викладачем кафедри агрохімії і фізіології рослин Уманського сільськогосподарського інституту, а в 1967 р. – доцентом кафедри мікробіології, біохімії та фізіології рослин цього ж вузу. З 1987 по 1990 р. Зінаїда Мартинівна обіймала посаду завідувача цієї ж кафедри. З 1990 р. до 25 листопада 2018 р. вона очолювала кафедру біології Уманського національного університету садівництва.

У 1990 р. З. М. Грицаєнко в Кишенівському Ордену Трудового Червоного Прапора сільськогосподарському інституті блискуче захистила дисертацію на тему «Биологические процессы в растениях и почва при разных условиях применения гербицидов и разработке оптимальных приемов их использования в посевах сельскохозяйственных культур в зоне Центральной Лесостепи Украины» і отримала науковий ступінь доктора сільськогосподарських наук. У 1991 р. рішенням Державного Комітету СРСР з народної освіти їй присвоєно вчене звання професора за спеціальністю «Мікробіологія, біохімія і фізіологія рослин».

Коло наукових інтересів З. М. Грицаєнко було надзвичайно актуальним і різноманітним. Вона з позицій систематичного підходу з'ясувала фундаментальні фізіолого-біохімічні процеси надходження, транспорту й локалізації гербіцидів в органах культурних рослин залежно від біологічних властивостей, типів ґрунтів, біотичних та абіотичних факторів навколишнього природного середовища; встановила анатомо-морфологічну будову та функціонування окремих груп мікроорганізмів у ризосфері, реакцію хромосомного апарату, закономірності формування продукційного процесу сільськогосподарських культур за роздільної і сумісної дії різних доз, форм та строків внесення гербіцидів, а також регуляторів росту з фітогормональною активністю в ґрунтово-кліматичних зонах України.

Професор З. М. Грицаєнко – одна з фундаторів вітчизняної школи в Україні з вивчення механізмів дії гербіцидів і біологічно активних речовин у посівах зернових, зернобобових та технічних культур. За її ініціативи і безпосередньої участі розроблено науково-обґрунтовані, екологічно-безпечні й енергозберігаючі технології застосування широкого спектру гербіцидів, а також вітчизняних біостимуляторів росту для підвищення адаптивного потенціалу та врожаю культурних рослин, які впроваджено у виробництво з отриманням високого економічного ефекту. Багато років вона очолювала проблемну науково-дослідну лабораторію Міністерства аграрної політики України, основним завданням якої було розробка комплексних заходів боротьби з бур'янами шляхом застосування гербіцидів, біопрепаратів та мікроелементів у коротко-ротаційних сівозмінах.

Зінаїда Мартинівна збагатила науку працями першорядного значення, самостійно і в співавторстві опублікувала понад 400 наукових робіт, серед яких монографії, підручники, довідники, 28 навчально-методичних посібників й типових програм, 38 науково-практичних рекомендацій та 12 патентів на винаходи. За її редакцією вийшло у світ 14 наукових збірників. Зокрема, науково-педагогічній спільноті широко відомі такі видання: «Научно-обоснованная система земледелия в Черкасской области» (1988), «Микробиология и ее современное

значення» (1991), «Гербициди і їх раціональне використання» (1996), «Організація і функціонування фермерських господарств» (1999), «Мікробіологія консервного виробництва з основами мікробіологічного контролю» (2002), «Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів» (2003), «Технологія застосування регуляторів росту рослин в землеробстві» (2003), «Гербициди і продуктивність сільськогосподарських культур» (2005), «Застосування гербицидів в посівах сільськогосподарських культур при звичайній та індустріальній технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України», «Інтенсивна технологія вирощування озимої пшениці в колективних господарствах Черкащини», «Індустріальна технологія вирощування кукурудзи в колгоспах і радгоспах Черкаської області» та інші.

Професор З. М. Грицаєнко зробила вагомий внесок у розвиток аграрної і біологічної науки та освіти в Україні. Вона постійно впроваджувала у навчальний процес новітні методи досліджень, здійснювала наукове керівництво докторантами і аспірантами, проводила міжнародні конференції, симпозиуми і наради з актуальних проблем землеробства, агрохімії та фізіології рослин. Вона є засновником наукової школи «Мікробіології і фізіології рослин». Під її керівництвом захищено докторську та 11 кандидатських дисертацій.

Науково-педагогічні здобутки Зінаїди Мартинівни високо оцінено державою та міжнародними науковими організаціями. За вагомі досягнення в праці, високий професіоналізм і активну громадську діяльність Указом Президента України їй присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України», нагороджено грамотою Верховної Ради України «За особливі заслуги перед Українським народом», трудовою відзнакою «Знак Пошани» Міністерства аграрної політики України, відзнакою «Відмінник аграрної освіти та науки України I ступеня» Міністерства аграрної політики України, нагородою Ярослава Мудрого в галузі науки і техніки Академії наук Вищої школи України, а за розробку інтегрованих систем захисту культурних рослин від бур'янів золотою й трьома срібними медалями ВДНГ СРСР та УРСР.

За видатні наукові досягнення і внесок у розвиток суспільства Американський бібліографічний інститут Міжнародного управління дослідженнями в 1999 р. назвав Зінаїду Мартинівну «Жінка року – 1999», Міжнародний бібліографічний центр Кембріджа (Великобританія) – «Жінка тисячоліття», а громадськість м. Умань – «Жінка-2006» в номінації «Жінка-науковець».

Професор З. М. Грицаєнко проводила плідну науково-педагогічну та громадську діяльність. Її було обрано академіком і Віце-Президентом Академії наук Вищої освіти України й Міжнародної академії аграрної освіти, академіком та заслуженим діячем Міжнародної академії наук екології і безпеки з нагородою титулом «Зірка вченого», почесним членом професійного правління радників Американського управління дослідження та правління Міжнародного бібліографічного центру Кембріджа (Великобританія).

Зінаїда Мартинівна була головою спеціалізованої вченої ради Д 74.844.02 Уманського державного аграрного університету із захисту докторських і кандидатських дисертацій за спеціальностями «Фізіологія рослин» й «Мікробіологія» (сільськогосподарські науки) та регіонального відділення Українського товариства фізіологів рослин. Водночас вона була ректором Народного університету культури, членом вченої ради факультету плодоовочівництва і виноградарства, виховала цілу плеяду висококваліфікованих спеціалістів, багато з яких працюють у провідних галузях аграрного сектора та науково-освітніх установах України.

Життєвий і творчий шлях Зінаїди Мартинівни – взірць відданості улюбленій справі, зразок людської гідності, добropорядності, високої душевної щедрості, оптимізму, вірності служіння Україні, людям та науці. Робота для неї була місцем соціального буття, де вона реалізовувала свій блискучий науково-педагогічний хист і громадянську позицію завдяки проникливому розуму, таланту та вроді.

Пам'ять про професора Зінаїду Мартинівну Грицаєнко назавжди залишиться в серцях її рідних, друзів, колег та учнів, тих, хто її знав, шанував і любив. Її життєвий шлях і вагомий доробок буде прикладом для прийдешніх поколінь науковців і педагогів.

I.P. Hryhoriuk, V.P. Patyka, S.V. Pyda

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine, Ukraine

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

DEDICATED TO THE MEMORY OF AN OUTSTANDING SCIENTIST-BIOLOGIST,
PROFESSOR ZINAIDA MARTYNIVNA HRYTSAENKO (07.07.1928 -25.11.2018)

On November 25, 2018, the heart of the outstanding scientist in the field of biology and agrotechnics of agricultural crops, doctor of agricultural sciences, professor, Honored Scientist and Technician of Ukraine, academician of the Academy of Sciences of Higher Education of Ukraine, head of the Department of Biology at the Uman National Horticultural University Zinaida Martynivna Hrytsaenko stopped.

Z. M. Hrytsaenko was born on July 7, 1928 in the village of Stari Babany, Uman district, Cherkasy region. After graduating from high school, Zinaida Martynivna entered the Fruit and Vegetable Faculty of the Uman Agricultural Institute, which graduated in 1955 and received the specialty of a scientist agronomist fruit and vegetable crops.

Labor began an agronomist-entomologist. In 1961, he enrolled in postgraduate study with a separation from production at the Department of General Agriculture of the Uman Agricultural Institute, which ends in 1964. In 1965, Zinaida Martynivna successfully defended her dissertation and received a scientific degree of the candidate of biological sciences in the specialty "Plant Physiology". The result of this period of life was her election in 1967 as a senior lecturer in the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, in 1967 - Associate Professor of the Department of Microbiology, Biochemistry and Plant Physiology. From 1987 to 1990, Zinaida Martynivna was the head of the same department. Since 1990 until November 25, 2018 she headed the Department of Biology at the Uman National Horticultural University.

In the same 1990 Z. M. Hrytsaenko defended his doctoral dissertation. In 1991, she was awarded the title of professor in the specialty "Microbiology, biochemistry and plant physiology".

Zinaida Martynivna independently and co-authored more than 400 scientific works, including monographs, textbooks, reference books, 28 teaching aids and standard programs, 38 scientific-practical recommendations and 12 patents for inventions. According to its editorial board, 14 scientific collections were published. She is the founder of the scientific school "Microbiology and Plant Physiology". Under her guidance, doctoral and 11 candidate dissertations were defended. Zinaida Martynivna was the head of the specialized scientific council D 74.844.02 of the Uman National University of Horticulture.

She received by the decree of the President of Ukraine the honorary title "Honored Worker of Science and Technology of Ukraine" for her outstanding achievements in work, high professionalism and active social activities. Was awarded the diploma of the Supreme Council of Ukraine "For Special Merit to the Ukrainian People", a Work Award "Badge of Honor" from the Ministry of Agrarian the policy of Ukraine, the honors "Excellence in Agrarian Education and Science of Ukraine of the 1st Degree" of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, the award of Yaroslav Mudryi in the field of science and technology of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine and for the development of integrated systems for the protection of crops from weeds gold and three silver medals of the exhibition of achievements of the national economy the USSR and the USSR.

For outstanding scientific achievements and contribution to the development of society, the American Bibliographic Institute of the International Management of Studies in 1999 named Zinaida Martynivna "Woman of the Year - 1999", Cambridge International Literary Center (United Kingdom) - "Woman of the Millennium" and the public of Uman - "Woman -2006 "in the nomination" Woman-scientist".

The memory of Professor Zinaida Martynivna Hrytsaenko will remain forever in the hearts of her relatives, friends, colleagues and students, those who knew her, revered and loved. Her way of life and weighty work will be an example for future generations of scientists and educators.

Надійшла 27.12.2018.