МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Odesa National University Herald

•

Вестник Одесского национального университета

•

ВІСНИК ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Том 13. Випуск 4

Біологія

2008

Редакційна колегія журналу:

В. А. Сминтина *(головний редактор)*, О. В. Запорожченко *(заступник головного редактора)*, В. О. Іваниця *(заступник головного редактора)*, Є. Л. Стрельцов *(заступник головного редактора)*, Я. М. Біланчин, В. М. Білоус, А. С. Васильєв, Л. М. Голубенко, В. Г. Каретніков, І. М. Коваль, В. Є. Круглов, В. І. Нікітін, В. Н. Станко, В. М. Тоцький, Г. Г. Чемересюк, Н. М. Шляхова

Редакційна колегія випуску:

Т. О. Філіпова, д-р біол. наук, професор; О. М. Слюсаренко, д-р біол. наук, професор; В. Д. Севастьянов, д-р біол. наук, професор; С. А. Петров, д-р біол. наук, професор; В. О. Іваниця, д-р біол. наук, професор; Л. М. Карпов, д-р біол. наук, професор; В. М. Тоцький, д-р біол. наук, професор *(науковий редактор)*; Т. Г. Трочинська (*відповідальний секретар*)

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ №11455-328Р від 07.07.2006 р.

Рекомендовано до друку радою біологічного факультету Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Протокол №9 від 10.06.2008 р.

Мова видання: українська, російська

Адреса редколегії:

65082, м. Одеса, вул. Дворянська, 2
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

© Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова, 2008

Зміст

БІОХІМІЯ

А. М. Андриевский

Влияние ионов металлов *in vitro* на экспрессию активности гидролаз эфиров карбоновых кислот в онтогенезе особей *Drosophila melanogaster* 7

О. В. Бірюкова, Д. О. Нікітінський, С. А. Петров

Активність катепсин-В-подібних ферментів в тканинах білих щурів за впливу тіаміну та тіамінтіолу 21

А. К. Будняк, З. Е. Захариева, Н. Л. Федорко, А. В. Запорожченко

Содержание малонового диальдегида в тканях *Mytilus galloprovincialis* в присутствии ионов ртути и кадмия в среде обитания 25

И. Л. Вовчук, С. А. Петров

Регуляция активности карбоксипептидазы А яичника женщин некоторыми ингибиторами и активаторами 31

З. Е. Захарієва, Н. Л. Федорко, С. С. Чернадчук, С. А. Петров

Вплив вітаміну B_6 на активність алкогольдегідрогенази в органах щурів 42

К. А. Філіщова, І. Л. Вовчук

Виділення та очищення карбоксипептидази А з немалігнізованої тканини молочної залози методом електрофорезу 46

БОТАНІКА,ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

Л. Х. Абузарова, Л. А. Гайсина, Л. М. Сафиуллина, Г. Р. Бакиева

Изменение морфологии *Cylindrospermum michailovskoënse* (*Cyanoprokaryota*) при воздействии минеральных удобрений 55

О. Ю. Бондаренко, Т. В. Васильєва

Вплив антропогенної трансформації території на стан раритетних видів у межиріччі Дністер-Тилігул 61

В. П. Герасим'юк

Мікрофітобентос водойм басейну нижнього Дністра 70

Г. Н. Лысенко

Влияние палов на изменение экотопических характеристик степных заповедников Украины 82

Ю. С. Назарчук

Субстратна пристосованість лишайників степів південного заходу України 87

А. В. Празукин

Структурно-функциональная организация кронового пространства зеленой водоросли бриопсис (*Bryopsis hypnoides* Lamour), Черное море 93

Ф. П. Ткаченко

Походження і основні риси флорогенезу макрофітобентосу північно-західної частини Чорного моря 99

Ф. Б. Шкундина, Г. А. Гуламанова
Основные тенденции антропогенного эвтрофирования озер Республики Башкортостан 106

ГІДРОБІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

С. М. Снигирев
Ихтиофауна прибрежных вод острова Змеиный 115

ГЕНЕТИКА, МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ І ЦИТОЛОГІЯ

В. Р. Бочарова, М. І. Тулаєва, Н. А. Мулюкіна, І. А. Ковальова
Ідентифікація та паспортизація генотипів винограду за допомогою ДНК-маркерів 127

Н. С. Задерей, М. М. Чабан
Екогенетичні реакції дрозофіли при впливі високочастотних електромагнітних коливань 135

Р. І. Кедік, В. А. Топтіков, Л. Ф. Дьяченко, В. М. Тоцький
Вплив колхіцину на ранні стадії розвитку та продуктивність рослин ячменю C_1-покоління 142

Т. М. Корня, С. О. Ігнатова
Вплив токсину Don та фільтратів культуральної рідини гриба *Fusarium graminearum* Schwabe на культуру зрілих зародків м'якої пшениці 151

ЗООЛОГІЯ

А. Е. Пахомов, Ю. Л. Кульбачко, О. А. Дидур
Изменение биомассы представителей двупарноногих многоножек (*Diplopoda*) на искусственных почвогрунтах в модельных экспериментах 159

А. С. Терентьев
Распространение полихеты *Terebellides stroëmi* Sars, 1861 (*Polychaeta, trichobranchiidae*) в Керченском предпроливье Черного моря 168

МІКРОБІОЛОГІЯ І ВІРУСОЛОГІЯ

І. В. Кушкевич, С. О. Гнатуш, С. П. Гудзь
Зміна деяких фізіолого-біохімічних властивостей *Thiocapsa roseopersicina* за впливу різних концентрацій кадмій сульфату 177

ОГЛЯДОВІ СТАТТІ

К. М. Данилюк
Раритетні таксони флори судинних рослин регіонального ландшафтного парку "Надсянський" (Українські Карпати) 189

Н. И. Караева, Э. Б. Забержинская
Динамика *Zostera noltii* Hornem у Азербайджанского побережья Каспия 196

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ 201

БІОХІМІЯ

УДК 577.152.31:577.151.04:595.773.4

А. М. Андриевский, канд. биол. наук, доц., докторант
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра генетики и молекулярной биологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, E-mail: andriev_ scar@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ *IN VITRO* НА ЭКСПРЕССИЮ АКТИВНОСТИ ГИДРОЛАЗ ЭФИРОВ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ В ОНТОГЕНЕЗЕ ОСОБЕЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Используя метод вертикально-пластинчатого щелочного электрофореза в полиакриламидном геле, разделяли белки буферно-тритоновых экстрактов тканей личинок, куколок и самцов имаго дрозофилы дикого типа. После электрофореза гели выдерживали в инкубационной среде (pH 7,4), содержащей α- и β-нафтилацетаты, прочный синий, а также соли одно- и двухвалентных (за исключением германия) металлов. Уровень активности отдельных эстераз определяли по интенсивности окрашивания фракций, соответствующих локализации ферментов в геле и содержащих продукты азосочетания нафтолов и диазония. Установлено ингибирующее действие на эстеразы подавляющего большинства ионов тяжёлых металлов; обнаружена активация β-специфичной эстеразы ионами щелочных металлов; допускается стабильность металло-эстеразных комплексов для ионов Ni^{2+}, Cu^{2+} и Zn^{2+} с низким проявлением ферментативной активности. Рассчитаны коэффициенты ингибирования ионами металлов аллозимов *S* и *F* β-специфичной эстеразы личинок, куколок и имаго, а также определены показатели межаллозимного соотношения уровней экспрессии – *S/F* – для каждого варианта опытов. Обсуждается вопрос о чувствительности карбоксиэстераз к катионам исследуемых металлов в онтогенезе.

Ключевые слова: гидролазы эфиров карбоновых кислот, аллозимы β-эстеразы, ионы металлов, онтогенез, дрозофила.

Известно, что ионы металлов, взаимодействуя с белками, участвуют в образовании ионных, электростатических либо координационных связей, устойчивость которых определяется энергией ионизации взаимодействующих атомов, а также другими факторами их окружения [1, 2]. Кроме того, контактируя с полипептидной цепью, ионы металлов могут нарушать гидратную оболочку белка, приводя к изменению его нативной конформации. Подобные реакции несомненно отражаются на каталитических функциях ферментов. В этом случае особенно эффективно взаимодействие ионов металлов с ферментами, в активный либо акцепторный центры которых входят аминокислотные радикалы с хорошо поляризующимися атомами (прежде всего, кислорода и серы) [3]. К группе таких ферментов относятся и эстеразы эфиров карбоновых кислот, в структуре которых установлено наличие анионного центра (ацетилхолинэстераза и подобные ей ферменты).

Несмотря на разностороннюю изученность гидролитических ферментов животных организмов, в научной литературе практически отсутствует информация о конкретном влиянии ионов различных металлов на каталитическую функцию карбоксиэстераз. С одной стороны это, возможно, связано с тем, что среди ферментов данной группы, как правило, отсутствуют металлозависимые эстеразы, которые адекватно реагировали бы на присутствие хелатирующих реагентов

© А. М. Андриевский, 2008

(ЭДТА и других), с другой стороны – при изучении сходных по биохимическим свойствам ферментов исследователи сталкиваются с методическими трудностями их препаративного разделения.

Принимая во внимание биологическую роль этих ферментов в жизнедеятельности насекомых, в данной работе ставилась цель изучить влияние *in vitro* ионов металлов, в том числе и тяжёлых, на важнейшие эстеразы эфиров карбоновых кислот дрозофилы. Особый интерес вызывал вопрос об онтогенетических особенностях устойчивости эстераз и некоторых их аллозимов к непосредственному действию ионов металлов, используемых в оптимальных концентрациях.

Материалы и методы исследования

Экспериментальным материалом служили равновозрастные 3-суточные личинки, куколки и самцы имаго единой популяции *Drosophila melanogaster* Meigen, по морфологическим признакам представляющей собой линию дикого типа – *Одесская 1.* Мух содержали на простой питательной среде при 25°С [4]. С целью получения ферментсодержащих экстрактов группы отобранных личинок, куколок и половозрелых самцов гомогенизировали в 0,1 М глицин-NaOH буфере pH 9,0 с 1% тритоном Х-100, исходя из расчёта – 10 мкл раствора на одну особь. Приготовлен-ные гомогенаты центрифугировали на холоде при 10 000 g в течение 15 мин, после чего супернатанты отделяли от осадков. Перед электрофоретическим разделением к 10 мкл отдельной пробы полученного экстракта приливали 5 мкл 0,01% раствора бромфенолового синего, приготовленного на 60% растворе сахарозы. Щелочной электрофорез проводили в 10% полиакриламидном геле пластинчатой формы с размерами 140 × 120 × 1 мм. После разделения белковых компонентов экстракта каждую пластину геля разрезали по вертикали на две равные части и отдельно отмывали от электродного буфера дистиллированной водой до нейтрального значения pH; далее, выдерживали 10 мин в 0,1 М трис-глициновом буфере pH 7,4. Подготовленные таким образом гелевые блоки выдерживали в течение 10 мин в 25 мл 0,1 М трис-глицинового буфера (pH 7,4), содержащего отдельно взятые соли в конечных концентрациях: NaCl – 15,6 мМ, KCl – 15,6 мМ, $CaCl_2$ – 7,8 мМ, $MnCl_2$ – 7,8 мМ, $CoCl_2$ – 7,8 мМ, $NiCl_2$ – 7,8 мМ, $CuCl_2$ – 0,6 и 6,0 мМ, $ZnCl_2$ – 7,8 мМ, Ge-ОЭДФ-(оксиэтилдифосфат)-Ca – 1,6 и 4,0 мМ, $CdCl_2$ – 7,8 мМ, $HgCl_2$ – 7,8 мМ, $Pb(CH_3COO)_2$ – 7,8 мМ. Далее, в инкубационные смеси добавляли по 12 мг α-нафтилацетата и β-нафтилацетата, а также 25 мг прочного синего ВВ, предварительно растворённых в 50 мкл диметилформамида. Гели контрольных вариантов обрабатывали буферным раствором, не содержащим используемых солей металлов.

Ферментативную реакцию проводили в течение 20 мин при 25°С, после чего гелевые пластины заливали кипящей дистиллированной водой, тем самым инактивируя ферменты и прекращая реакцию азосочетания.

В отдельной серии опытов после обработки исходными растворами хлоридов никеля, меди и цинка гелевые блоки отмывали 2 л дистиллированной воды и инкубировали в буферной среде, содержащей субстраты и диазоний при указанных выше условиях.

После остановки биохимических реакций гелевые блоки промывали водой и сканировали при высоком уровне чувствительности, сохраняя цифровую информацию в формате BMP. Полученные изображения денситометрировали, используя специальную лицензионную компьютерную программу «*АнаИС*»

(Поджарский, Рыбалка, 2004 г.). Об уровне экспрессии отдельных фракций ферментов судили по показателям их оптической плотности (ΔDo, относительные единицы), зависящей от количества продуктов азосочетания. Средние значения $\overline{\Delta Do}$ при $n = 8$ использовали для расчёта коэффициентов ингибирования либо активации аллозимов β-специфичной эстеразы по $\overline{\Delta Do}\ Est^{S(F)}{}_{control}/\ \overline{\Delta Do}\ Est^{S(F)}{}_{metal}$, а также показателей аллозимного соотношения по $\overline{\Delta Do}\ Est^{S}/\ \overline{\Delta Do}\ Est^{F}$.

Статистическую обработку первичных данных проводили согласно [5], используя компьютерную программу "*Excel*". Ту же программу применяли для иллюстрации полученных результатов.

В работе использовали химические реагенты фирм "*Reanal*" (Венгрия), "*Chemapol*" (Чехия), "*Ferak*" (Германия), "*Acros organics*" (США), «*Реахим*» (Россия) квалификации «х. ч.» и «о. с. ч.», а также прибор для электрофореза "*VE*-4" российского производства.

Автор выражает благодарность заведующей кафедрой неорганической химии и полимеров ОНУ имени И. И. Мечникова профессору И. И. Сейфуллиной за любезно предоставленный препарат комплексной соли германия с целью апробации его действия на гидролитические ферменты животного происхождения.

Результаты исследования и обсуждение

Судя по результатам денситометрии, представленным на рис. 1, ионы всех тяжёлых металлов, а также кальция и марганца, введенные в инкубационную среду в виде солей в установленных концентрациях, в той или иной степени влияют на проявление активности различных гидролаз эфиров карбоновых кислот личинок дрозофилы. При этом одни из них по отношению к отдельным ферментам обладают ингибирующим действием, другие существенно активируют гидролиз применяемых субстратов. Так, при наличии в среде инкубации ионов Ca^{2+}, Co^{2+} и Ge^{4+} (1,6 мМ) достоверно повышается активность тетрамерной ацетилхолинэстеразы, тогда как ионы Mn^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, а также Cd^{2+}, Hg^{2+} и Pb^{2+} существенно понижают каталитическую функцию этой эстеразы. В этом случае особенно выражено ингибирующее действие ионов никеля, меди и цинка: в их присутствии ацетилхолинэстеразная активность снижается примерно в 2 раза.

Ещё более выражено негативное (за исключением Co^{2+}) влияние ионов используемых металлов на ацетилэстеразу: по сравнению с контролем, в зависимости от добавленного катиона, активность этого фермента снижается на 50–75%.

Чувствительной к подавляющему большинству ионов тяжёлых металлов, а также кальция и марганца оказалась и β-специфичная аромэстераза, представленная двумя аллозимами – *S* (медленноподвижным) и *F* (быстроподвижным). Как видно из рис. 1 и рис. 4 (*Личинки*), показатели степени инактивации обоих аллозимов β-специфичной аромэстеразы личинок ионами одного и того же металла практически совпадают. Следует подчеркнуть что, в отличие от других эстераз, в случае аромэстеразы присутствие в инкубационной среде ионов кобальта не сказывается на проявлении её активности.

В отличие от ацетилхолинэстеразы личинок, ацетилхолинэстераза куколок оказалась чувствительной не только к ионам Ca^{2+}, Co^{2+} и Ge^{4+} (1,6 мМ); её активность значительно стимулировали Mn^{2+}, Cu^{2+} (в низкой концентрации), Cd^{2+} и в меньшей степени – Pb^{2+}. Мощное ингибирующее действие проявляли ионы

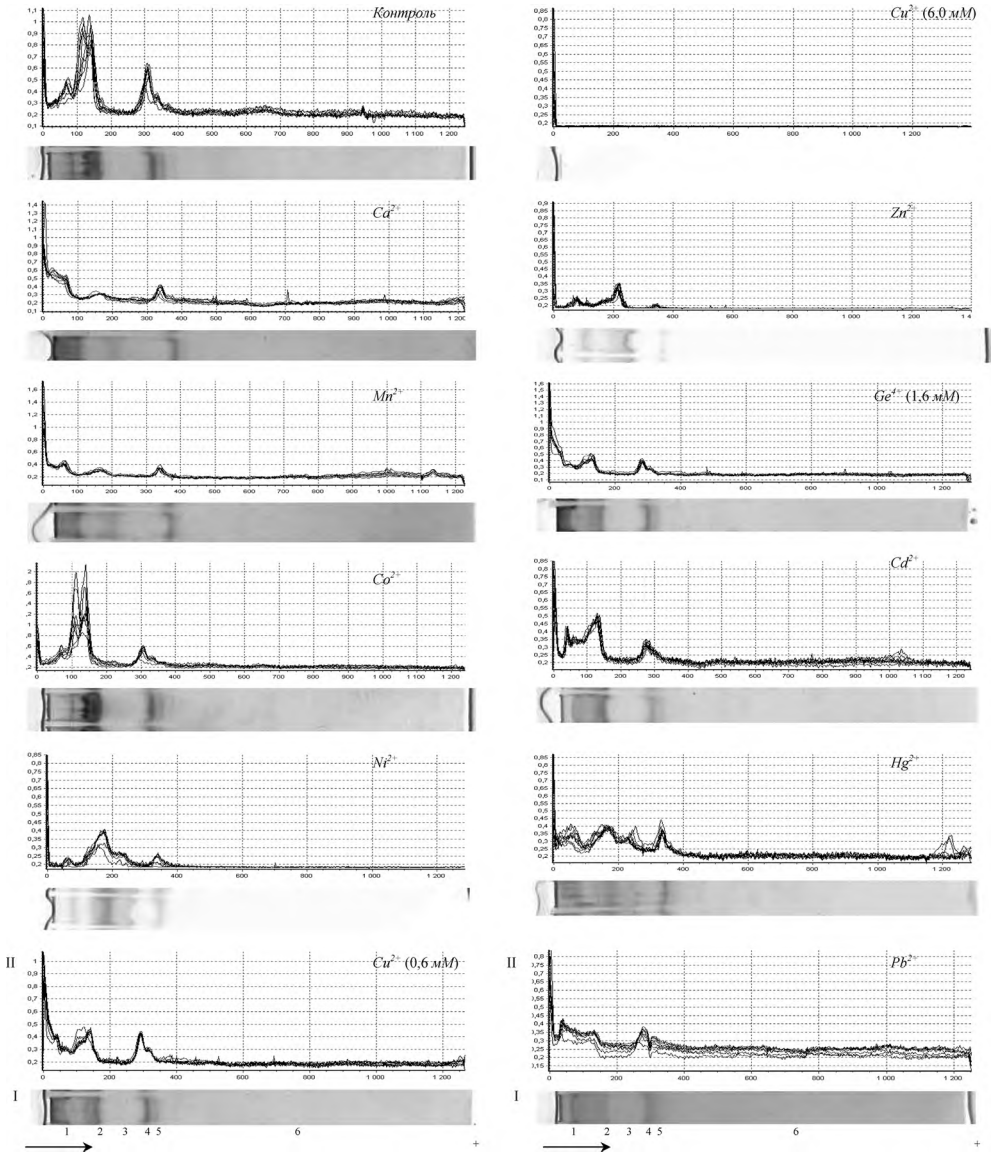


Рис. 1. Активность гидролаз эфиров карбоновых кислот личинок *Drosophila melanogaster* в гелевом блоке в присутствии ионов металлов: I – электрофореграммы: стрелками указано направление движения ферментов в гелевом блоке во время электрофореза; представлено по одному треку из 8 для каждого варианта. II – денситограммы: приведены линии по 8 трекам; по оси *x*: длина трека (пиксели), по оси *y*: оптическая плотность (ΔDo, относительные единицы). 1 – ацетилхолинэстераза (тетрамер), 2 – ацетилэстераза, 3 – ацетилхолинэстераза (димер), 4 – аромэстераза (*S*-аллозим), 5 – аромэстераза (*F*-аллозим), 6 – ацилэстераза

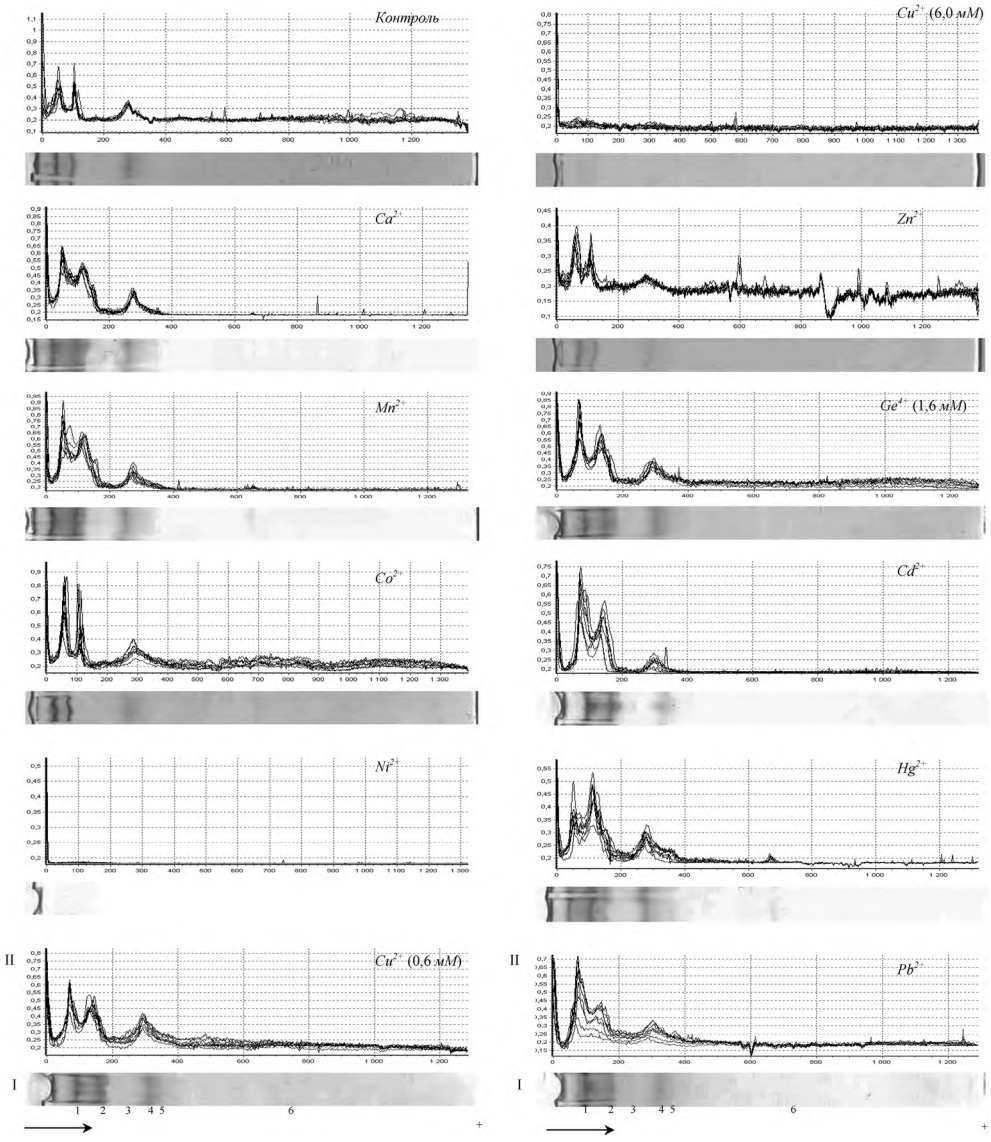


Рис. 2. Активность гидролаз эфиров карбоновых кислот куколок *Drosophila melanogaster* в гелевом блоке в присутствии ионов металлов: обозначения те же, что и на рис. 1

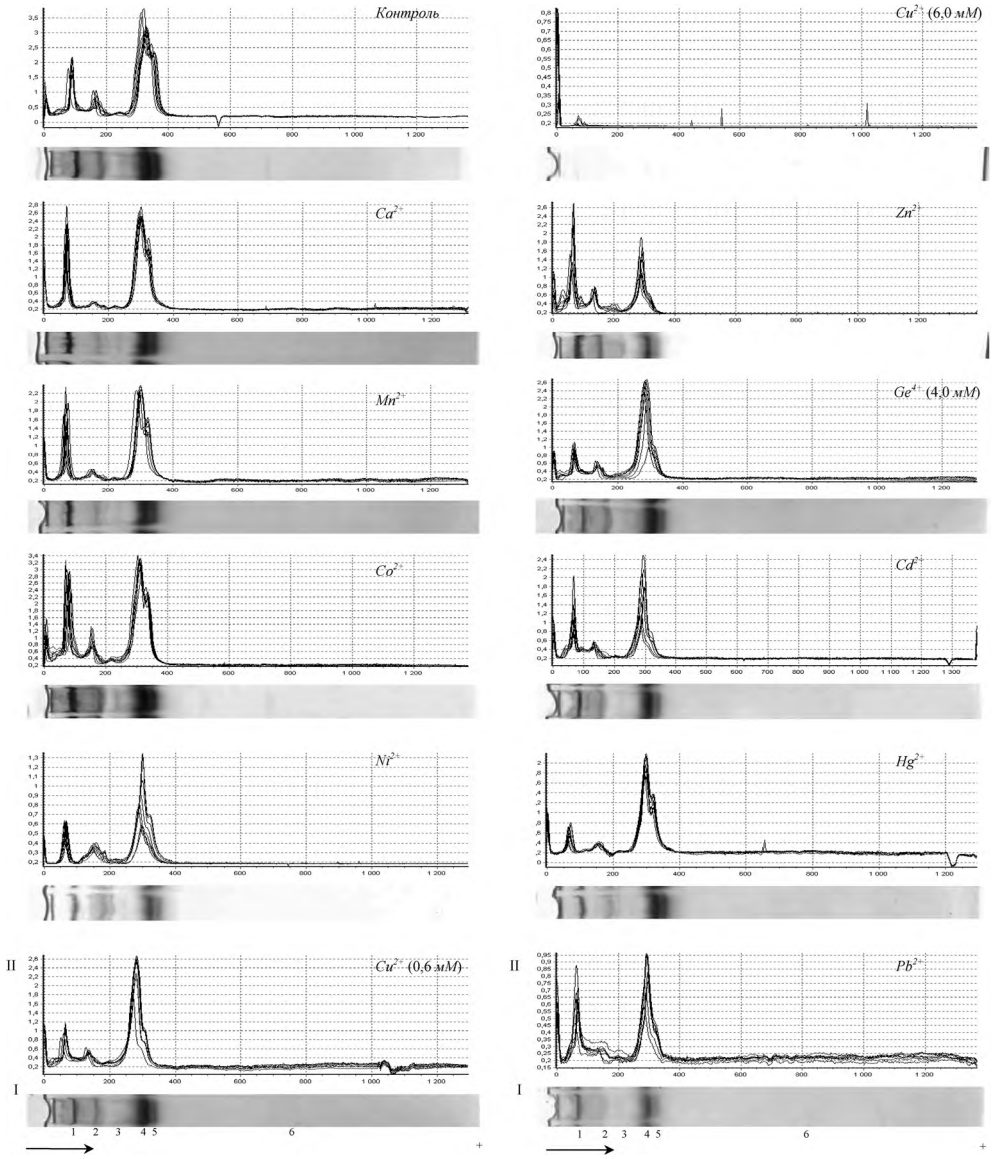


Рис. 3. Активность гидролаз эфиров карбоновых кислот имаго самцов *Drosophila melanogaster* в гелевом блоке в присутствии ионов металлов: обозначения те же, что и на рис. 1

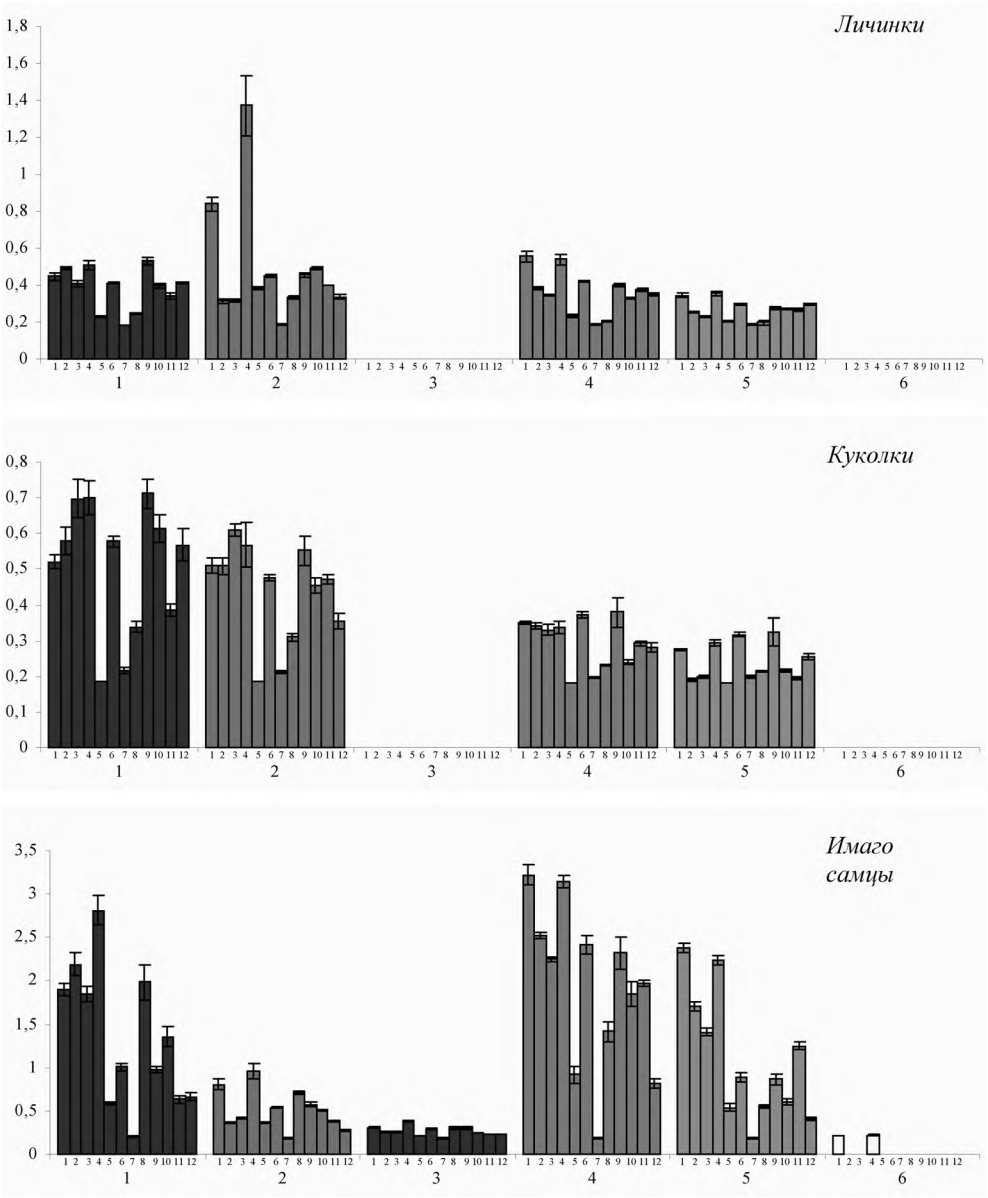


Рис. 4. Влияние ионов металлов на экспрессию гидролаз эфиров карбоновых кислот личинок, куколок и имаго самцов *Drosophila melanogaster*. По оси *y*: оптическая плотность ($\Delta\overline{Do} \pm m$ при $n = 8$, относительные единицы), отражающая экспрессию ферментов. По горизонтали: 1 – ацетилхолинэстераза (тетрамер), 2 – ацетилэстераза, 3 – ацетилхолинэстераза (димер), 4 – аромэстераза (*S*-аллозим), 5 – аромэстераза (*F*-аллозим), 6 – ацилэстераза; 1 – *Контроль*, 2 – Ca^{2+}, 3 – Mn^{2+}, 4 – Co^{2+}, 5 – Ni^{2+}, 6 – Cu^{2+} (0,6 мМ), 7 – Cu^{2+} (6,0 мМ), 8 – Zn^{2+}, 9 – Ge^{4+} (1,6 мМ: *Личинки* и *Куколки*; 4,0 мМ: *Имаго самцы*), 10 – Cd^{2+}, 11 – Hg^{2+}, 12 – Pb^{2+}

Ni^{2+}, Cu^{2+} (в высокой концентрации) и Zn^{2+}. Сходным образом в присутствии тех же ионов проявляется активность ацетилэстеразы куколок, но в этих условиях фермент оказывается более устойчивым по сравнению с той же эстеразой личинок.

Аллозимы аромэстеразы куколок во многих случаях реагируют на ионы многих металлов практически одинаково, за исключением ионов Ca^{2+} и Mn^{2+}. Устойчивость *S*-аллозима к ионам кальция и марганца довольно высокая, в то время как *F*-аллозим легко угнетается в присутствии этих ионов (рис. 2 и рис. 4 (*Куколки*)).

Как видно из рис. 3, наиболее выражено избирательность действия ионов металлов на гидролазы эфиров карбоновых кислот проявляется у взрослых самцов. Ацетилхолинэстераза в форме тетрамера сильно активируется ионами Ca^{2+} и Co^{2+} и в большей степени по сравнению с ферментом личинок и куколок угнетается ионами никеля, меди, ртути и свинца. Но, в отличие от ферментов личинок и куколок, ацетилхолинэстераза половозрелых самцов обладает высокой устойчивостью к ионам цинка. В противоположность этому, димер ацетилхолинэстеразы имаго наиболее чувствителен к высоким концентрациям ионов Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}. Ионы двух последних металлов ингибируют его активность, а ионы кобальта – активируют. Ацетилэстераза самцов имаго реагирует на катионы примерно так же, как и фермент личинок, однако стимулирующий эффект Co^{2+} менее выражен. К тому же, как и ацетилхолинэстераза, ацетилэстераза характеризуется более высокой устойчивостью к действию ионов Zn^{2+}.

Реакции аллозимов аромэстеразы на присутствие в среде таких ионов, как Ca^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} (высокая концентрация), Hg^{2+} и Pb^{2+} во многом сходны: все указанные ионы в той или иной степени угнетают активность как *S*-, так и *F*-формы фермента. В то же время медленноподвижный аллозим оказывается более устойчивым к ионам цинка, германия и кадмия, а также менее чувствительным по сравнению с *F*-аллозимом к действию невысоких концентраций ионов Cu^{2+} (рис. 3 и рис. 4). Наконец, у самцов имаго проявляется крайне слабая активность ацилэстеразы, которая полностью инактивируется ионами всех металлов, за исключением Co^{2+}.

Как следует из результатов отдельной серии опытов (рис. 5), наряду с ионами кобальта и кальция (в отдельных случаях – Mn^{2+}) активирующим действием на большинство эстераз обладают ионы натрия и калия. Введенные в инкубационную среду в высокой концентрации (15,6 мМ), эти ионы (особенно K^{+}) значительно (на 10–40%) повышают активность ацетилхолинэстеразы и обоих аллозимов аромэстеразы самцов имаго. В то же время присутствие ионов щелочных металлов никак не сказывается на проявлении активности ацетилэстеразы.

В рамках проведенного исследования особый интерес вызывает дифференциальная чувствительность аллозимов *S* и *F* аромэстеразы личинок, куколок и имаго к различным ионам металлов. О том, как реагируют разные аллозимы на катионы одного типа можно судить по различиям коэффициентов ингибирования либо активации, рассчитанных для каждой молекулярной формы фермента относительно показателей проявления их активности в контрольных вариантах (рис. 6). Так, у личинок коэффициенты ингибирования *S*- и *F*-аллозимов ионами Ca^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+} и Ge^{4+} практически совпадают.

Небольшие межаллозимные отличия в чувствительности наблюдаются в отношении ионов ртути. Более эффективно *F*-аллозим угнетается ионами Cd^{2+} и Pb^{2+}, причём в присутствии ионов свинца экспрессия аллозима *S* слабо отличается

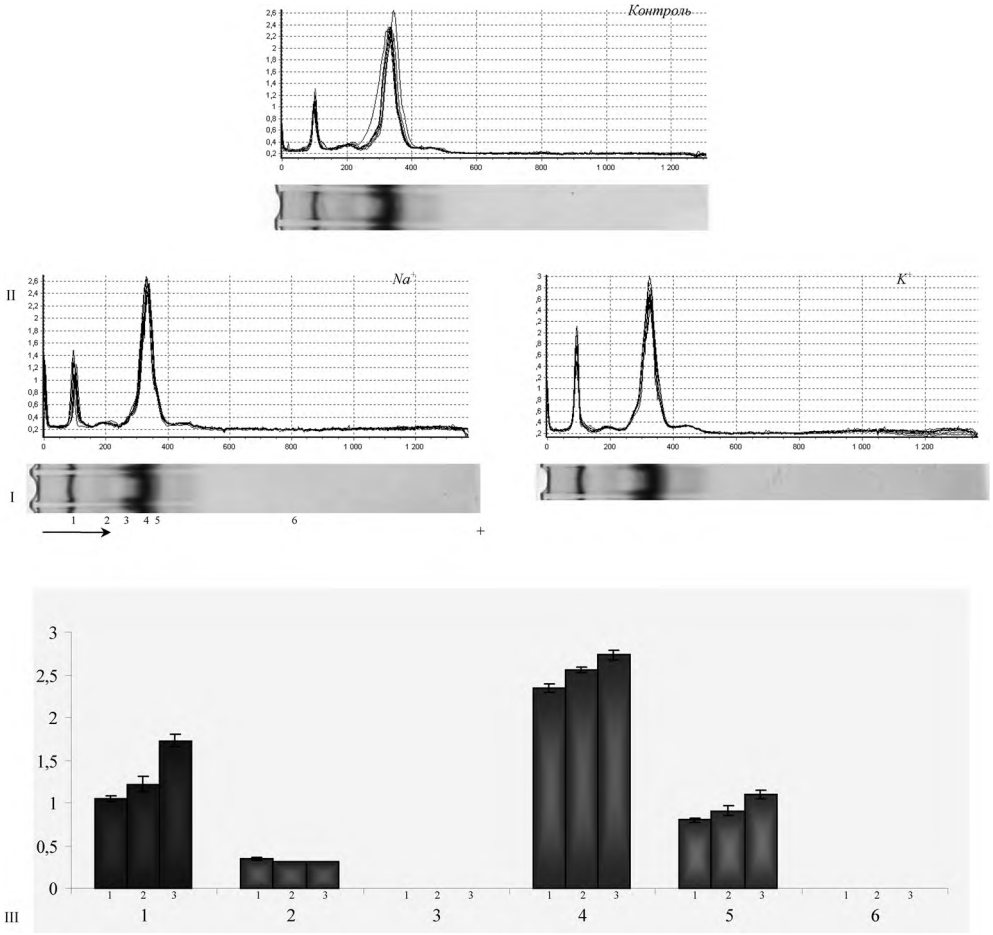


Рис. 5. Активация гидролаз эфиров карбоновых кислот имаго самцов *Drosophila melanogaster* ионами щелочных металлов: I – электрофореграммы: представлено по одному треку из 8 по каждому варианту опытов; 1 – ацетилхолинэстераза (тетрамер), 2 – ацетилэстераза, 3 – ацетилхолинэстераза (димер), 4 – аромэстераза (*S*-аллозим), 5 – аромэстераза (*F*-аллозим), 6 – ацилэстераза. II – денситограммы: по оси *y*: оптическая плотность (ΔDo, относительные единицы) по результатам анализа 8 треков; по оси *x*: длина треков (пиксели). III – гистограмма: по оси *y*: оптическая плотность ($\overline{\Delta Do} \pm m$ при n = 8, относительные единицы); по горизонтали: 1- 6 – порядковые номера ферментов, соответствующие фракциям на электрофореграммах; 1 – *Контроль*, 2 – Na^+, 3 – K^+

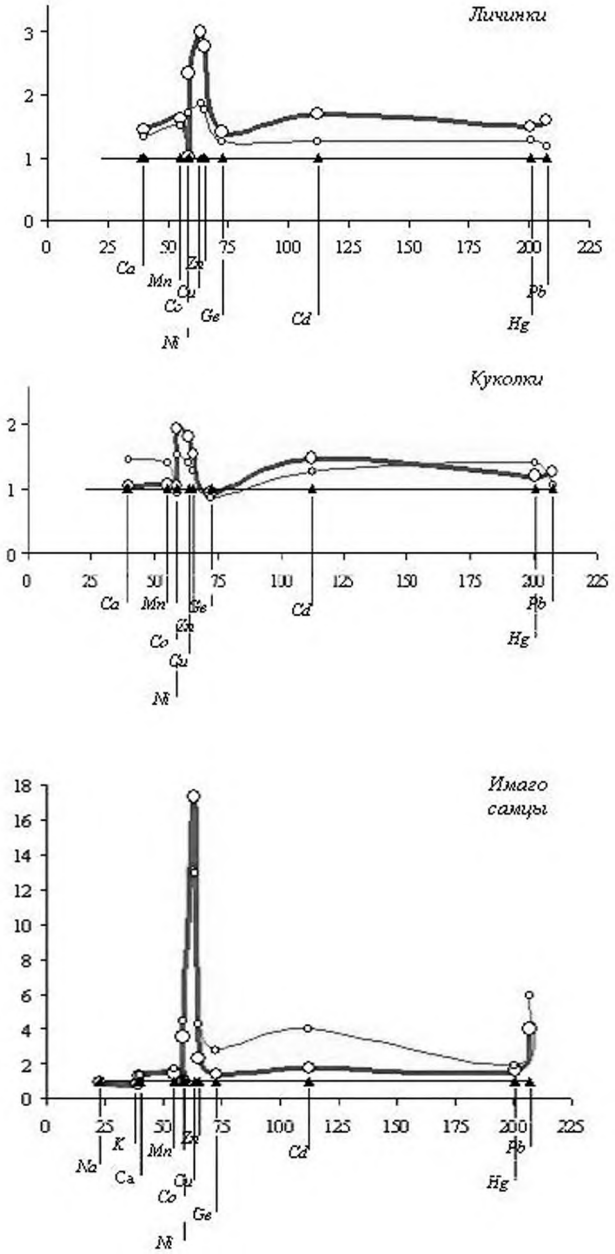


Рис. 6. Эффективность влияния ионов металлов на экспрессию аллозимов аромэстеразы личинок, куколок и имаго самцов *Drosophila melanogaster*. По оси *y*: значения > 1 – коэффициенты ингибирования *S*-аллозима (▪◇▪) и *F*-аллозима (○), рассчитанные по $\overline{\Delta Do}\ Est^{S(F)}{}_{control} / \overline{\Delta Do}\ Est^{S(F)}{}_{metal}$, где $\overline{\Delta Do}$ – средний показатель оптической плотности для *S* (*F*)-аллозима контрольного и опытного вариантов (n = 8); значения < 1 – коэффициенты активации; прямая с ординатой $y = 1$ – линия индифференции. По оси *x*: относительные атомные массы металлов

от уровня проявления активности в контроле. Ещё более выраженным оказалось действие на быстроподвижную форму β-эстеразы ионов Ni^{2+}, Cu^{2+} и Zn^{2+}: несмотря на то, что хлорид меди использован в меньшей концентрации, нежели хлориды никеля и цинка, влияние Cu^{2+} превосходит влияние как Ni^{2+}, так и Zn^{2+} (рис. 6).

Как видно из рис. 6, *F*-аллозим аромэстеразы куколок наиболее чувствителен к ионам никеля; в меньшей степени – к Cu^{2+} и Zn^{2+}. Незначительные отклонения в экспрессии *S*- и *F*-аллозимов наблюдаются в присутствии ионов кадмия, ртути и свинца, что указывает на их сходное влияние на активность разных молекулярных форм эстеразы куколок. При этом, незначительной активирующей способностью обладают ионы Co^{2+} (по отношению к *F*-аллозиму) и Ge^{4+} (по отношению к *S*- и *F*-аллозимам). Наконец, в отличие от медленноподвижной формы фермента куколок, их *F*-аллозим оказался в одинаковой степени чувствительным к ионам кальция и марганца.

Что касается β-специфичной эстеразы половозрелых самцов, то её *S*- и *F*-аллозимы примерно в равной мере подвержены активирующему действию ионов Na^{+} и K^{+} и ингибирующему – ионов Ca^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+} и Hg^{2+}. Более устойчивым по сравнению с *F*-аллозимом оказался аллозим *S* в присутствии Ni^{2+}, Zn^{2+}, Ge^{4+}, Pb^{2+} и особенно Cd^{2+}. Совершенно противоположным эффектом обладают ионы меди: при высокой их концентрации более резистентно ведёт себя *F*-аллозим, тогда как активность *S*-формы β-эстеразы снижается примерно на 95% (рис. 6).

На рис. 7 представлены показатели соотношений уровней экпрессии *S*- и *F*-аллозимов аромэстеразы личинок, куколок и имаго для контрольных и опытных вариантов. Из рисунка видно, что все используемые металлы в ионной форме в разной степени снижают уровень *S*-аллозима личинок. При этом ни один из показателей найденных соотношений не превышает их уровня у контрольных личинок. В большинстве случаев то же самое наблюдается в случае *S*-аллозима аромєстеразы куколок. Исключение составляют варианты, в которых использованы хлориды Ca, Mn и Hg. Это указывает на то, что более чувствительным к ингибирующему действию ионов указанных металлов является быстродвижимый аллозим куколок. В то же время показатели межаллозимного соотношения в опытах с добавлением Co^{2+}, Ge^{4+}, Cd^{2+}, и Pb^{2+} практически совпадают с показателем контрольного варианта куколок, что говорит о почти одинаковой чувствительности *S*- и *F*-аллозимов аромэстеразы куколок к перечисленным ионам тяжёлых металлов.

Для аромэстеразы половозрелых самцов характерно то, что их *S*-аллозим оказывается менее чувствительным к действию ионов всех металлов, за исключением меди. В то же время экспрессия *F*-аллозима более всего угнетается ионами цинка, германия и кадмия, к которым *S*-аллозим проявляет достаточно высокую устойчивость.

О стабильности образующихся комплексов ионов металлов с эстеразами дрозофилы можно судить по проявлению их активности после обработки растворами $NiCl_2$, $CuCl_2$ и $ZnCl_2$ с последующей отмывкой дистиллированной водой и нейтральным буфером. Как видно из рис. 8, после удаления свободных катионов ион-ферментные комплексы практически всех исследуемых эстераз самцов имаго сохраняют лишь 50–60% своей исходной активности. При этом наименее активными агрегатами являются Cu^{2+}-ацетилхолинэстераза, Cu^{2+}- и Zn^{2+}-ацетилэстераза, *S*- и *F*-аллозимы Cu^{2+}- и Zn^{2+}-аромэстеразы. Их нафтилацетазная активность проявляется в меньшей степени по сравнению с теми же эстеразами, модифицированными ионами Ni^{2+}.

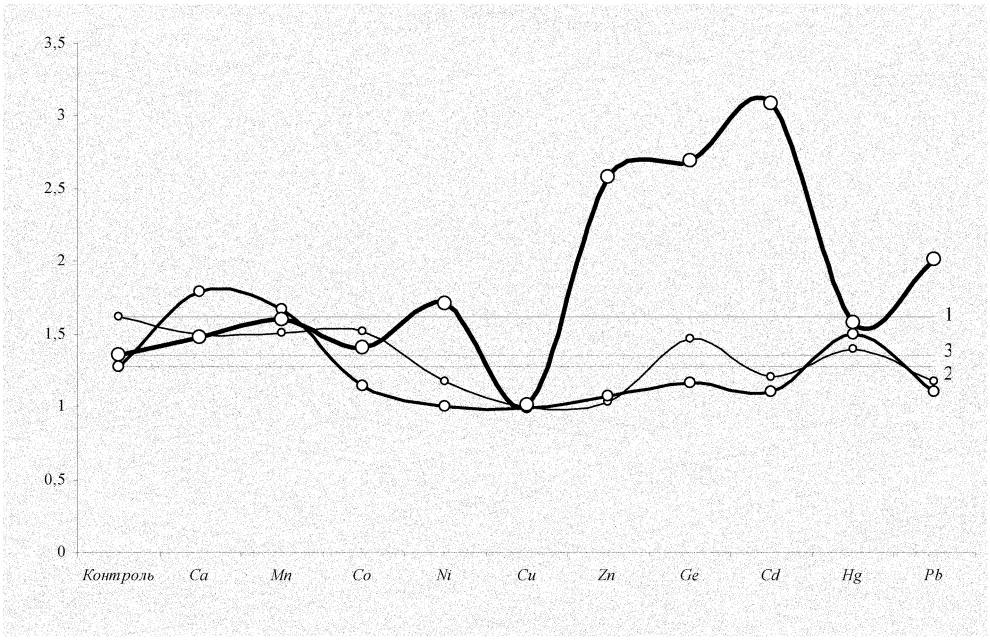


Рис. 7. Межаллозимные соотношения экспрессии аромэстеразы личинок, куколок и имаго самцов *Drosophila melanogaster* в условиях действия ионов металлов: По оси *y*: показатели соотношений $\Delta\overline{Do}$ Est^S/ $\Delta\overline{Do}$ Est^F. По оси *x*: Контроль и обозначения металлов, расположенных в порядке возрастания относительной атомной массы. -○- – личинки, -○- – куколки, -○- – имаго самцы. 1 – уровень кон-троля личинок, 2 – уровень контроля куколок, 3 – уровень контроля имаго самцов

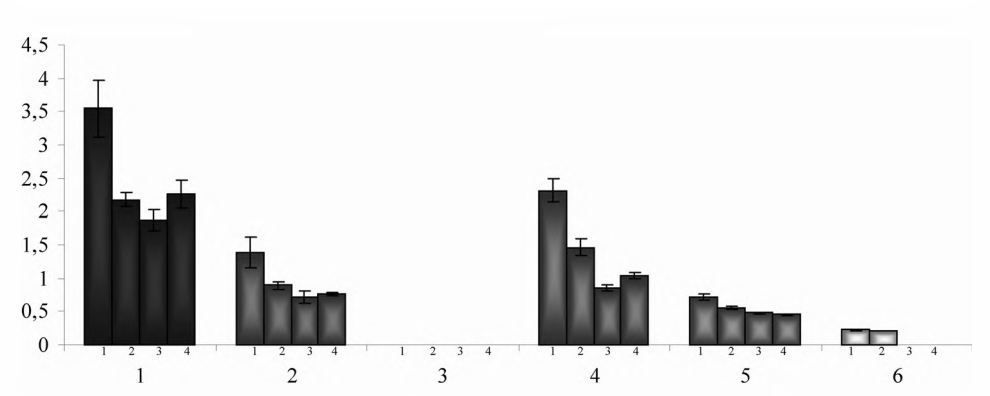


Рис. 8. Ферментативная экспрессия связанных с ионами тяжёлых металлов эстераз самцов имаго *Drosophila melanogaster*: По оси *y*: оптическая плотность ($\Delta\overline{Do}$ ± m при n = 8, относительные единицы). По горизонтали: 1 – ацетилхолинэстераза (тетрамер), 2 – ацетилэстераза, 3 – ацетилхолинэстераза (димер), 4 – аромэстераза (*S*-аллозим), 5 – аромэстераза (*F*-аллозим), 6 – ацилэстераза; 1 – *Контроль*, 2 – Ni^{2+}-эстераза, 3 – Cu^{2+}-эстераза, 4 – Zn^{2+}-эстераза

Выводы

1. Ионы лёгких и тяжёлых металлов в определённых концентрациях *in vitro* оказывают эффективное влияние на активность гидролаз эфиров карбоновых кислот *Drosophila melanogaster*.

2. Ионы Na и K в концентрациях 15,6 мМ активируют ацетилхолинэстеразу, а также *S*- и *F*-аллозимы аромэстеразы половозрелых самцов дрозофилы.

3. Ионы Ca и Co в концентрации 7,8 мМ активируют ацетилхолинэстеразу личинок, куколок и имаго.

4. Ионы тяжёлых металлов (Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Ge^{4+}, Cd^{2+}, Hg^{2+} и Pb^{2+}) в разной степени ингибируют ацетилхолинэстеразу, ацетилэстеразу и аллозимы аромэстеразы личинок, куколок и имаго.

5. Аллозимы *S* и *F* аромэстеразы личинок, куколок и имаго обладают разной устой-чивостью к одним и тем же катионам.

Литература

1. *Диксон М., Уэбб Э.* Ферменты: в 3-х т. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 389 с.
2. *Медянцева Э. П., Вертлиб М. Г., Будников Г. К.* Ионы металлов как эффекторы ферментов // Успехи химии, 1998. – Т. 67, № 3. – С. 252–260.
3. *Варфоломеев С. Д., Гариев И. А., Упоров И. В.* Каталитические центры гидролаз: структура и каталитический цикл // Успехи химии, 2005. – Т. 74, № 1. – С. 67–83.
4. *Медведев Н. Н.* Практическая генетика. – М.: Наука, 1966. – 240 с.
5. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. – Минск: Высшая школа, 1973. – 320 с.

О. М. Андрієвський
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра генетики та молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, E-mail: andriev_scar@mail.ru

ВПЛИВ ІОНІВ МЕТАЛІВ *IN VITRO* НА ПРОЯВ АКТИВНОСТІ ГІДРОЛАЗ ЕФІРІВ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ ЛИЧИНОК, ЛЯЛЕЧОК І ІМАГО *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Резюме
Використовуючи метод вертикально-пластинчастого лужного електрофорезу в поліакриламідному гелі, розділяли білки буферно-тритонових екстрактів тканин личинок, ляле-чок і самців імаго дрозофіли дикого типу. Після електрофорезу гелі експонували в інку-баційному середовищі (pH 7,4), що містило α- і β-нафтилацетати, міцний синій, а також солі одно- і двовалентних (за виключенням германію) металів. Рівень активності окремих естераз визначали за інтенсивністю фарбування фракцій, що відповідають локалізації ферментів у гелі й утримують продукти азосполучення нафтолів і діазонію. Встановлено інгібуючу дію на естерази більшості іонів важких металів; виявлена активація β-специфічної естерази іонами лужних металів; припускається стабільність мета-ло-естеразних комплексів для іонів Ni^{2+}, Cu^{2+} і Zn^{2+} з низьким проявом ферментативної активності. Розраховано коефіцієнти інгібування іонами металів алозимів *S* і *F* β-специфічної естерази личинок, лялечок і імаго, а також визначені показники межалозимного співвідношення рівнів експресії – *S*/*F* – для кожного варіанту дослідів. Обговорюється онтогенетична залежність чутливості карбоксиестераз до катіонів металів.

Ключові слова: гідролази ефірів карбонових кислот, алозими β-естерази, іони металів, онтогенез, дрозофіла.

A. M. Andrievsky
Odessa National University, Department of Genetics and Molecular Biology,
Dvoryanskaya str., 2, Odessa, 65082, Ukraine, E-mail: andriev_scar@mail.ru

CARBONIC ACID ETHERS HYDROLASES OF LARVAE, PUPAE AND IMAGO *DRO-SOPHILA MELANOGASTER* AT INFLUENCE OF THE METAL IONS *IN VITRO*

Summary
Using the method of vertical-plate alkaline electrophoresis in polyacrylamid gel we have separated the ferment-containing buffer-triton tissue extracts of the larvae, pupae and male imago of the wild-type Drosophila. After the electrophoresis, the gel was exposed to the incubatory medium (pH 7,4) contained α- and β-naphtilacetates, prussian blue, as well as the salts of one- and two-valence (excepting germanium) metals. The level of activity of some esterases was determined by controlling the intensity of colouring of the different fractions corresponding to the ferment localization in gel, containing the products of azocoupling of naphtols and diazonium. It was found out that the majority of ions of heavy metals has the inhibiting influence on esterases. At the same time the β-specific esterase can be activated by the ions of alkali elements. It is shown that metal-esterase complexes containing Ni^{2+}, Cu^{2+} and Zn^{2+} are stable and have low level of the fermentative activity. The coefficients of inhibition of the allosimes of *S* and *F* β-specific es-terases of larvae, pupae and imago by metal ions were calculated. The characteristics of the interallosime relationship of the expressivity level *S*/*F* for each variant of experiment were determined. The question connected with ontogenetic sensibility of the carboesterases to metal ions is discussed.

Keywords: the ethers of carbonic acids hydrolases, allosimes of β-esterase, metal ions, ontogenesis, *Drosophila*.

УДК 577.15:591.466(043.5)

О. В. Бірюкова, асп., **Д. О. Нікітінський**, асп., **С. А. Петров**, д-р біол. наук, проф.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
біологічний факультет, кафедра біохімії;
пров. Шампанський, 2, м. Одеса, 65058 Україна

АКТИВНІСТЬ КАТЕПСИН-В-ПОДІБНИХ ФЕРМЕНТІВ В ТКАНИНАХ БІЛИХ ЩУРІВ ЗА ВПЛИВУ ТІАМІНУ ТА ТІАМІНТІОЛУ

Досліджено вплив тіаміну та тіамінтіолу на активність катепсин-В-подібних ферментів в тканинах білих щурів. Встановлено, що обидві ці сполуки здатні інгібувати досліджувані ферменти. Обговорюються можливі механізми інгібування тіаміном та тіамінтіолом активності катепсин-В-подібних ферментів.
Ключові слова: тіамін, тіамінтіол, катепсин-В-подібні ферменти.

Останнім часом у світовій літературі накопичилась велика кількість даних, які свідчать про важливу роль протеолітичних ферментів у патогенезі, діагностиці та лікуванні різноманітних захворювань [1, 2]. Протеолітичні ферменти не тільки приймають участь у неспецифічному розпаді білкових молекул, але мають і регуляторне значення, являючи собою один із механізмів біологічного контролю функцій органів та тканин організму [3, 4].

Оскільки протеолітичний потенціал клітин в значному ступені визначається лізосомним апаратом, дослідження маловивчених лізосомальних катепсин-подібних ферментів, зокрема катепсин-В-подібних протеаз, викликає особливу зацікавленість [5, 6].

Активність катепсин-В-подібних ферментів регулюється багатьма чинниками, одним із яких є вплив вітамінів. В літературі існують дані, які свідчать про можливість існування некоферментної дії метаболітів тіаміну на активність сірковмісних ферментів [7, 8]. Можливо, даний механізм реалізується через дисульфідні взаємодії.

Метою наших досліджень було вивчення впливу тіаміну та тіамінтіолу на активність катепсин-В-подібних протеаз у деяких органах щурів.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на статевозрілих щурах-самцях лінії Wistar масою 180–200 г. Всіх тварин утримували у стандартних умовах віварію Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Маніпуляції з тваринами проводили згідно з європейською Конвенцією про захист тварин, які використовуються для експериментальних наукових цілей.

Матеріалом дослідження були гомогенати печінки, нирок та тонкого кишечнику.

Тканини гомогенізували в 0,9% розчині NaCl у співвідношенні 1:10 протягом 4–5 хвилин.

Отриманий гомогенат тканин центрифугували при 8.000 g (+4°C) протягом 30 хвилин.

© О. В. Бірюкова, Д. О. Нікітінський, С. А. Петров, 2008

В експерименті in vitro активність катепсин-В-подібних ферментів визначали в супернатанті після додавання розчинів тіаміну та тіамінтіолу. В середовищі кінцеві концентрації цих сполук складали: 0,33; 0,66; 1,32; 2,64 мкМ.

Відносну активність катепсин-В-подібних ферментів визначали за кількістю п-нітроаніліну – продукту гідролізу синтетичного субстрату N-бензоіларгінін-п-нітроаніліду (надалі – БАПНА) – при pH 6,0 за методом Erlanger [9].

Оптичну щільність визначали при довжині хвилі 383,5 нм. Відносну активність ферменту виражали в мкмолях п-нітроаніліну на мг тканини за 240 хвилин інкубації при 37 °С, питому активність – в мкмолях на мг білка.

Вміст білку визначали за методом Lowry [10].

Для обчислення отриманих результатів застосовували методи статистичного аналізу з використанням параметричних критеріїв оцінки розбіжності між вибірками. Достовірно різними вважалися результати при $p \leq 0,05$ [11].

Результати дослідження та їх обговорення

В результаті проведених досліджень отримано дані, що наведені в таблиці.

Таблиця

Питома активність катепсин-В-подібних ферментів в тканинах білих щурів за впливу тіаміну та тіамінтіолу (мкмоль п-нітроаніліну / мг білка)

Орган	Контроль	Питома активність катепсин-В-подібних ферментів (мкмоль / мг білка)							
		Концентрація тіаміну (мкМ)				Концентрація тіамінтіолу (мкМ)			
		0,33	0,66	1,32	2,64	0,33	0,66	1,32	2,64
Печінка	0,117± 0,01	0,033 ± 0,008*	0,015 ± 0,013*	0,024 ± 0,013*	0,029 ± 0,007*	0,016 ± 0,006*	0,018 ± 0,007*	0,019 ± 0,007*	0,042 ± 0,029*
Нирки	0,045 ± 0,003	0,013 ± 0,001*	0,002 ± 0,006*	0,007 ± 0,0007*	0,007 ± 0,0008*	0,005 ± 0,002*	0,008 ± 0,001*	0,004 ± 0,007*	0,026 ± 0,016*
Тонкий кишечник	0,056 ± 0,004	0,012 ± 0,004*	0,010 ± 0,002*	0,015 ± 0,006*	0,017 ± 0,001*	0,040 ± 0,004*	0,017 ± 0,003*	0,064 ± 0,028	0,013 ± 0,036*

Примітка:* – вірогідна різниця по відношенню до контролю, $p \leq 0,05$

При визначенні активності катепсин-В-подібних ферментів в гомогенатах тканин тварин контрольної групи нами було встановлено максимальне значення досліджуваного показника в тканинах печінки (0,117 мкмоль /мг білка). Активність досліджуваних ферментів в тканинах нирок та тонкого кишечнику були приблизно однаковими.

Після додавання різних концентрацій тіаміну та його тіольної форми до надосадової рідини ми спостерігали значне зниження активності катепсин-В-подібних ферментів у порівнянні з показниками контрольної групи щурів. Виняток склали тканини тонкого кишечнику, в яких за наявності у середовищі тіольної форми тіаміну в концентрації 1,32 мкМ активність досліджуваних ферментів практично не змінювалась.

Що стосується змін активності катепсин-В-подібних ферментів під впливом різноманітних концентрацій тіаміну та тіамінтіолу, то нами були отримані такі дані: після додавання тіаміну до концентрації 0,66 мкМ спостерігалися мінімальні показники в тканинах всіх досліджуваних органів. Максимальна активність ферментів спостерігалася в тканинах печінки, нирок при додаванні тіаміну до кон-

центрації 0,33 мкМ; в тканинах тонкого кишечнику – за концентрації 2,64 мкМ вітаміну у середовищі. Такі зміни активності катепсин-В-подібних ферментів, можливо, пов'язані зі специфічністю функцій досліджуваних органів.

За різних концентрацій тіамінтіолу в надосадовій рідині активність ферментів в досліджуваних органах не змінювалась.

На підставі отриманих даних можна припустити, що інгібуючий ефект тіаміну та його тіольної форми пов'язаний з дисульфідними взаємодіями між вітаміном та цистеїновими залишками активного центру катепсину В, що призводить до зниження його реакційної спроможності.

Висновки

1. Тіамін та його тіольна форма інгібують активність катепсин-В-подібних ферментів в тканинах білих щурів.
2. Суттєвої різниці між інгібуючим ефектом тіаміну та його тіольної форми не виявлено.

Література

1. *Дилакян Э. А.* Цистеиновые протеиназы при неопластической трансформации // Вопр. мед. хим. – 2000. – Т. 46, № 5. – С. 490–491.
2. *Особенности* взаимодействия катепсина L с ингибиторами цистеиновых протеиназ из культур трансформированных фибробластов и ингибиторами из актиномицет / Э. А. Дилакян, Т. А. Гуреева, С. Л. Звездилина, В. А. Журбицкая, Ф. Л. Киселёв, Н. И. Соловьёва // Вопр. мед. хим. – 2000. – Т. 46, № 5. – С. 508–509.
3. *Жлоба А. А.* Очистка, идентификация и свойства цистеиновых катепсинов тканей животных // Украинский биохимический журнал. – Т. 58, № 4. – С. 100–111.
4. *Цистеиновые* протеиназы и их ингибиторы при развитии мышиной НА-1 гепатомы и противоопухолевой терапии / О. Н. Потеряева, Т. А. Короленко, И. Г. Свечникова, С. Я. Жанаева, О. В. Паламеева, В. И. Каледин, Д. В. Новицки // Биомедицинская химия. – 2004. – Т. 50, № 2. – С. 172–179.
5. *Черная В. И., Рева А. Д.* активность катепсина Н в мозге и опухолях мозга человека // Укр. биох. журн. – 1989. – Т. 61, № 5. – С. 47–50.
6. *Primed-site* Probing of Papain-like Cysteine Proteases / Jose Maria Pfizer, Irmgard Assfalg-Machleidt, Werner Machleidt, Luis Moroder, Norbert Schaschke // International Journal of Peptide Research and Therapeutics formerly known as "Letters in Peptide Science", 2006. – P. 44–67.
7. *Петров С. А.* Некоферментные эффекты тиамина и его метаболитов // Биомедицинская химия. – 2006. – Т. 52, вып. 4. – С. 335–345.
8. *Петров С. А.* Роль катаболитов тиамина в регуляции обмена амино- и кетокислот // Материалы IX Украинского биохимического съезда 24–27 октября 2006 года. – Харьков. – С. 163.
9. *Erlanger B. F.* et all. The preparation endopeptidases of two new chromogenic substrates of trypsin // Arch. Biochtm. Biopfys. – 1961. – Vol. 95. – P. 271–278.
10. *Protein* measurement with the Folin phenol reagent / O. H. Lowry, N. I. Rosenbrough, A. Z. Fan, R. J. Randol // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193. – P. 265–275.
11. *Рокицкий П. Ф.* Биохимическая статистика. – Минск: Высш. Школа, 1973. – 230 с.

О. В. Бирюкова, Д. О. Никитинский, С. А. Петров
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра биохимии
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

АКТИВНОСТЬ КАТЕПСИН-В-ПОДОБНЫХ ФЕРМЕНТОВ В ТКАНЯХ БЕЛЫХ КРЫС ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТИАМИНА И ТИАМИНТИОЛА

Резюме
Исследовано влияние тиамина и тиаминтиола на активность катепсин-В-подобных ферментов в тканях белых крыс. Показано, что оба эти соединения способны ингибировать изучаемые ферменты. Обсуждаются возможные механизмы ингибирования тиамином и тиаминтиолом активности катепсин-В-подобных ферментов.

Ключевые слова: тиамин, тиаминтиол, катепсин-В-подобные ферменты.

O. V. Birjukova, D. O. Nikitinsky, S. A. Petrov
Odessa National Mechnikov University,
Dvoryanskaya str., 2, Odessa, 65082, Ukraine

ACTIVITY OF THIAMINE-AND-THIAMINE-THIOL-INFLUENCE-CATHEPSIN-B-LIKE-ENZYMES IN WHITE RATS' TISSUES

Summary
Thiamine and thiamine-thiol influence on cathepsin-B-like-enzymes' activity in white rats' tissues has been studied. It has been found out that both of these compounds obtain the capability to inhibit studied enzymes. Probable thiamine and thiamine-thiol inhibition mechanisms of cathepsin-B-like-enzymes' activity are discussed.

Keywords: thiamine, thiamine-thiol, cathepsin-B-like-enzymes.

УДК 577.164.12.001.5:591

А. К. Будняк, канд. биол. наук, доц., **З. Е. Захариева**, канд. биол. наук, доц., **Н. Л. Федорко**, канд. биол. наук, ст. преп., **А. В. Запорожченко,** канд. биол. наук, доц.
Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова,
кафедра биохимии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

СОДЕРЖАНИЕ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В ТКАНЯХ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ РТУТИ И КАДМИЯ В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

Изучено действие солей кадмия и ртути на накопление малонового диальдегида в органах черноморских мидий (*Mytilus galloprovincialis*). Установлено, что органы мидий различаются как по содержанию МДА, так и по его распределению в различных субклеточных фракциях. Было выяснено, что присутствие солей тяжелых металлов в морской воде приводит к увеличению содержания МДА в органах мидий и не изменяет его распределение между субклеточными фракциями.
Ключевые слова: малоновый диальдегид, ртуть, кадмий, Черное море.

Двустворчатый моллюск *Mytilus galloprovincialis* Lam. является общепринятым индикатором загрязнения морской среды различными токсикантами, и его неоднократно использовали для мониторинга загрязнения тяжелыми металлами различных акваторий Черного моря [1].

Загрязнение прибрежных вод Черного моря тяжелыми металлами, среди которых не последнее место занимает ртуть и кадмий, вызывает изменения метаболизма тканей Черноморских мидий [2], однако механизмы этих изменений изучены недостаточно [3].

В связи с этим целью наших исследований явилось изучение влияния содержания солей ртути и кадмия в морской воде на содержание малонового диальдегида и его распределение в субклеточных фракциях органов мидий.

Материалы и методы

Черноморские мидии размером 5–7 см собирали в феврале–марте 2007 года в прибрежной части акватории Одесского залива. Их помещали в аквариумы из расчета 1 мидия на 1 дм^3 морской воды, адаптировали при искусственной аэрации на протяжении 3 суток. Животных делили на пять групп: первая группа – контрольная, где мидии находились в морской аэрированной воде, вторая и третья группы – мидии, находящиеся в морской воде в присутствии $CdCl_2$, с концентрациями соответственно 0,001 мг/л и 0,015 мг/л в течение 3-х суток; четвертая и пятая группы – мидии, трое суток находящиеся в морской воде в присутствии $HgCl_2$ с концентрациями соли соответственно 0,0008 мг/л и 0,0016 мг/л. Учитывая, что ПДК ртути составляет 0,0005 мг/л, а ПДК кадмия – 0,005 мг/л [4], дозы токсикантов выбирались так, чтобы одна была ниже ПДК, а другая – выше.

Через трое суток мидий выводили из эксперимента, готовили гомогенаты тканей (гепатопанкреас, мантия, жабры, нога) на дистиллированной воде в со-

© А. К. Будняк, З. Е. Захариева, Н. Л. Федорко, А. В. Запорожченко, 2008

отношении 1:9 (вес к объему). Для биохимических исследований брали как гомогенат, так и субклеточные фракции, полученные после центрифугирования при 600 g (3000 об/мин.) в течении 15 минут: осадок и супернатант. В гомогенатах и субклеточных фракциях их органов определяли содержание малонового диальдегида (МДА) по Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. [5].

Результаты обрабатывали статистически [6].

Результаты исследований

Содержание МДА указывает на активность процессов перекисного окисления, протекающего в тканях в норме, а увеличение содержания МДА – на активацию этих процессов. Различия в содержании МДА между животными контрольной группы, взятыми в опыт через сутки после вылова и содержащихся в аквариуме с морской водой в течение 3-х суток, не обнаружены, что указывает на то, что условия, в которых содержались мидии, не влияют на процессы перекисного окисления. В связи с этим в качестве контрольных значений МДА использован уровень этого соединения в тканях животных, содержащихся трое суток в аквариуме с морской водой с искусственной аэрацией и температурой 20°С.

Влияние хлорида кадмия на содержание МДА в органах мидий представлено в табл. 1.

Таблица 1

Влияние хлорида кадмия на содержание МДА (мкмоль/г ткани) в органах мидий (M±m)

n = 8

Концентрация, мг/л	Исследуемые органы			
	нога	жабры	мантия	гепатопанкреас
0 (контроль)	49,5±4,6*	65±6,5*	65±6,3*	110,9±10,2
0,001	55,4±5,6	81,3±7,6	71,5±7,6	133,8±13,2
0,015	60,9±5,6	97,5±9,0**	78,5±7,1	170,8±14,7**

* $p < 0,05$ по сравнению с гепатопанкреасом

** $p < 0,05$ по сравнению с контролем

Значения содержания МДА в органах контрольной группы животных можно расположить в следующем порядке по убыванию: гепатопанкреас> жабры=мантия>нога. Добавление кадмия в среду обитания вызывает увеличение содержания МДА во всех органах мидий. Более всего содержание МДА в органах мидий увеличивается при концентрации хлорида кадмия в морской воде, равной 0,015 мг/л, причем в большей степени в гепатопанкреасе и жабрах и в меньшей степени в мантии и ноге. Накопление МДА и его распределение по субклеточным фракциям органов мидий представлены в табл. 2.

В осадке (ядерная фракция) в основном находятся обломки клеток, ядра, а в супернатанте находятся структуры эндоплазматического ретикулума, лизосом, митохондрий. Согласно таблице 2, наблюдается неравномерное распределение малонового диальдегида в этих фракциях в зависимости от изучаемого органа. В контрольной группе животных содержание МДА во фракциях осадка и супернатанта достоверно отличается друг от друга в жабрах, мантии и гепатопанкреасе. В мантии и в ноге уровень перекисного окисления выше в ядерной фракции, тогда как в жабрах и в гепатопанкреасе он выше в супернатанте. Таким образом, полученные нами данные указывают на то, что в норме изученные органы от-

личаются как по содержанию МДА, так и по его распределению в субклеточных фракциях.

Таблица 2

Влияние ионов кадмия на распределение МДА (мкмоль/г ткани) в субклеточных фракциях органов мидий (M±m).

n=8

Концентрация, мг/л		Исследуемые органы			
		нога	жабры	мантия	гепатопанкреас
0	супернатант	21,2±1,9	40,5±3,9	25,3±2,2	63,7±5,9
	осадок	28,3±2,7	24,5±2,6*	39,7±4,1*	47,2±4,3*
0,001	супернатант	23,8±2,6	48,8±4,7	29,3±3,1	74,9±7,2
	осадок	31,6±3,0*	32,5±2,9*	42,2±4,5*	58,9±6,0*
0,015	супернатант	29,2±2,7	50,7±4,7	33,0±2,9	93,9±7,6
	осадок	31,7±2,9	46,8±4,3	45,5±4,2*	76,9±7,1*

* – $p < 0,05$ по сравнению с супернатантом

Воздействие хлорида кадмия на уровень МДА проявляет те же закономерности в распределении МДА между супернатантом и осадком во всех органах, что говорит о том, что присутствие ионов кадмия стимулирует процессы перекисного окисления липидов во всех компонентах клетки.

Влияние хлорида ртути на содержание МДА и его распределение в субклеточных фракциях органов мидий имело аналогичный характер. Полученные нами данные по изучению влияния хлорида ртути представлены в табл. 3. Показано, что с увеличением концентрации ионов ртути содержание МДА увеличивалось во всех органах. Ионы ртути сильнее воздействовали на уровень МДА в гепатопанкреасе, жабрах и мантии, и в меньшей степени – в ноге.

Таблица 3

Влияние хлорида ртути на содержание МДА (мкмоль/г ткани) в органах мидий (M±m)

n = 8

Концентрация	Исследуемые органы			
	нога	жабры	мантия	гепатопанкреас
0 мг/л (контроль)	49,5±4,9*	65±6,5*	65±6,5*	110,9±11,0
0,0008 мг/л	57,0±5,1	86,0±8,0	77,8±7,4	155,3±14,3
0,0016 мг/л	63,4±6,4	92,0±8,3**	89,5±8,0*	181,9±18,4**

* $p < 0,05$ по сравнению с гепатопанкреасом

** $p < 0,05$ по сравнению с контролем

В табл. 4 представлены данные по распределению МДА между субклеточными фракциями органов мидий при действии хлорида ртути. Можно отметить, что хлорид ртути мало влияет на перераспределение процессов перекисного окисления в мембранах субклеточных фракций, стимулируя их равномерно во всех компонентах клетки.

Таким образом, наши данные по изучению содержания малонового диальдегида в различных тканях мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. и его распределения в мембранах субклеточных фракций как показателя перекисного окисления липидов указывают на то, что в норме этот процесс идет с разной интенсивностью в зависимости от изучаемого органа и неравномерно распределяется в мембра-

нах субклеточных фракций. На основании полученных данных по содержанию малонового диальдегида органы мидий можно расположить в следующем порядке: гепатопанкреас>жабры=мантия>нога. По-видимому, высокое содержание МДА в гепатопанкреасе связано с его функцией как органа пищеварения, в котором наиболее интенсивно протекают процессы перекисного окисления. Низкое содержание МДА в ноге, вероятно, связано с малой подвижностью животных в условиях опыта.

Таблица 4

Влияние ионов ртути на распределение МДА (мкмоль/г ткани) в субклеточных фракциях органов мидий (M±m)

n=8

Концентрация, мг/л		Исследуемые органы			
		нога	жабры	мантия	гепатопанкреас
0	супернатант	21,2±1,9	40,5±3,9	25,3±2,2	63,7±5,9
	осадок	28,3±2,7	24,5±2,6*	39,7±4,1*	47,2±4,3*
0,0008	супернатант	22,8±2,2	42,5±4,2	33,8±3,3	85,4±8,5
	осадок	34,2±3,4	43,5±4,3	44,0±4,5	69,9±6,5
0,0016	супернатант	25,9±2,5	46,3±4,5	39,9±3,9	122,3±12,0
	осадок	40,3±4,0	45,7±4,5	49,6±5,0	73,4±6,9*

* – $p < 0,05$ по сравнению с супернатантом

Что касается распределения МДА в мембранах субклеточных фракций, то нами установлено, что в норме изучаемые органы отличаются его распределением в этих фракциях в зависимости от изучаемого органа. В жабрах и гепатопанкреасе процессы перекисного окисления липидов наиболее интенсивно протекают во фракции супернатанта; в отличие от этого, в мантии и ноге — в ядерной фракции.

Ионы кадмия увеличивают содержание МДА во всех органах, и это увеличение пропорционально концентрации кадмия в среде. Влияние хлорида ртути на содержание МДА в органах мидий имело сходный характер. Нами замечено увеличение содержания МДА во всех органах мидий.

Высокое содержание МДА в гепатопанкреасе может объясняться как тем, что тяжелые металлы в большинстве своем накапливаются в гепатопанкреасе, так и тем, что ионы тяжелых металлов, связываясь с белком-пигментом гемоцианином, который осуществляет транспорт кислорода в моллюске к тканям и уклекислого газа – в обратном направлении [7], оказывает значительное влияние на углеводный обмен, который наиболее интенсивно проходит в гепатопанкреасе [8].

Значительное увеличение МДА в жабрах, возможно, связано с тем, что этот орган имеет непосредственный контакт с морской водой, следовательно ионы металлов накапливаются в процессе фильтрации и проявляют свое действие. Наряду с этим можно отметить, что соотношение содержания МДА между органами сохранялось при действии различных концентраций солей кадмия и ртути, что может быть обусловлено функциональными особенностями органов.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что ионы ртути и кадмия включаются в метаболические процессы, и это приводит к увеличению содержания МДА во всех органах. Не исключено, что изменения, вызываемые тяже-

лыми металлами, обусловлены пероксидантным действием самих металлов. На основании проведенных исследований можно заключить, что действие ртути имеет более выраженный характер, чем действие кадмия.

Относительно распределения МДА между субклеточными фракциями органов мидий при действии солей кадмия и ртути можно отметить, что оно аналогично указанному распределению в контроле. В целом, наши данные указывают на то, что ионы тяжелых металлов активируют процессы перекисного окисления липидов в тканях мидий Mytilus Galloprovincialis Lam.

Выводы

1. Органы *Mytilus galloprovincialis* различаются по содержанию МДА и их можно расположить по убыванию МДА в следующем порядке: гепатопанкреас>мантия=жабры>нога, при этом в ноге и мантии содержание МДА выше во фракции, содержащей ядра и неразрушенные клетки, тогда как в гепатопанкреасе и жабрах содержание МДА выше в субклеточной фракции, содержащей мембраны митохондрий, ЭПР, лизосом.

2. Присутствие в морской воде соли кадмия приводит к увеличению содержания МДА в органах мидий: в большей степени в гепатопанкреасе и жабрах и в меньшей степени в ноге и мантии. При этом степень увеличения содержания МДА кореллирует с концентрацией соли кадмия.

3. Присутствие соли ртути в морской воде увеличивает содержание МДА во всех органах мидий, причем наибольшее увеличение наблюдается в гепатопанкреасе. При этом увеличение содержания МДА в меньшей степени зависит как от концентрации тяжелого металла, так и от исследуемого органа, чем в опытах с использованием соли кадмия.

4. Присутствие солей кадмия и ртути в морской воде равномерно активирует процессы перекисного окисления в различных субклеточных фракциях, степень которого различается в зависимости от органа.

Литература

1. *Ртуть* в мидиях *Mytilus galloprovincialis* Lam из бухт крымского побережья Черного моря / В. И. Рябушко, В. Н. Егоров, А. Ф. Козинцев, С. К. Костова, В. К. Шинкаренко // Морской экологический журнал. - 2002. - Т. 1, № 1.
2. *Оскольская О. И., Тимофеев В. А., Бондаренко Л. В.* Влияние загрязнения шельфовой зоны Черного моря на морфофизиологические характеристики мидии. - Экология моря. - 1999. - Вып. 49. - С. 84- 89.
3. *Брагинский Л. П., Линник П. Н.* К методике токсикологического эксперимента с тяжелыми металлами на гидробионтах // Гидробиол. журн. - 2003. - Т. 39, №1. - С. 92- 104.
4. *Орешков Т.* Нормативна уредба по опазване на околната среда. - Бургас: Университет «Проф. Д-р Ас. Златаров». - 2001. - 231 с.
5. *Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г.* Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / Современные методы в биохимии // Под ред. А. Б. Ореховича. - М.: Наука, 1976. - С. 66- 68.
6. *Рокицкий П. Ф.* // Биологическая статистика. - Минск: Вышэйшая школа, 1973. - 320.с.
7. *Лисовская В. И., Иванович И. А., Холодковская Е. В.* Динамика содержания гликогена и липидов у мидий Одесского залива // Еколого-функцінальні та фауністичі аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. - 2004. - С. 107- 109.
8. *Горомосова С. А., Шапиро А. З.* Основные черты биохимии энергетического обмена мидий. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 120 с.

О. К. Будняк, З. Є. Захарієва, Н. Л. Федорко, О. В. Запорожченко
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра біохімії,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ВМІСТ МАЛОНОВОГО ДІАЛЬДЕГІДУ В ТКАНИНАХ МІДІЙ MYTILUS GALLOPROVINCIALIS В ПРИСУТНОСТІ ІОНІВ РТУТІ ТА КАДМІЮ В СЕРЕДОВИЩІ

Резюме
Вивчена дія солей кадмію та ртуті на накопичення малонового діальдегіду в органах чорноморських мідій *Mytilus galloprovincialis*. Встановлено, що органи мідій розрізняються як вмістом МДА, так і його розподілом в різних субклітинних фракціях. Виявлено, що присутність солей важких металів у морській воді призводить до підвищення вмісту МДА в органах мідій і істотно не змінює його розподіл між субклітинними фракціями.

Ключові слова: малоновий діальдегід, ртуть, кадмій, Чорне море.

O. K. Budnyak, Z. E. Zaharieva, N. L. Fedorko, O. V. Zaporozhchenko
Odessa National I. I. Mechnikov University,
Department of biochemistry
Dvoryanskaya str, 2, Odessa, 65082, Ukraine

EFFECT OF KADMIUM AND MERCURY SALTS IN ENVIRONMENT ON CONCENTRATIONS OF MALONIC DIALDEGYD IN THE TISSUES OF BLACK SEA MUSSEL MYTILUS GALLOPROVINCIALIS

Effect of salts of kadmium and mercury on accumulation of malonic dialdegyd in the organs of the black sea mussels *Mytilus galloprovincialis* was studied. It was found that the organs of mussels differ both in the MDA concentration and in it's distributing in different subcellular fractions. It was exposed that presence of heavy metals salts in salt water resulted in increasing of the MDA concentration in the organs of mussels and does not change its distributing between subcellular fractions.

Keywords: malonic dialdegyd, mercury, cadmium, the Black sea.

УДК 577.156:577.15.072

И. Л. Вовчук, канд. биол. наук, доц., **С. А. Петров**, д-р биол. наук, проф.
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра биохимии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина.
Тел: (0482)687875, e-mail: irvov@mail.ru

РЕГУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ КАРБОКСИПЕПТИДАЗЫ А ЯИЧНИКА ЖЕНЩИН НЕКОТОРЫМИ ИНГИБИТОРАМИ И АКТИВАТОРАМИ

Установлено, что ингибирование карбоксипептидазы А (КА) фенилаланином - ингибитором КА - происходит по смешанному типу. Анализ соответствующих констант ингибирования показал, что максимальная степень ингибирования наблюдается для КА из злокачественной ткани, а наименьшая - для фермента из доброкачественной опухоли. Исследование влияния ингибиторов и активаторов показало, что в катализе принимают участие не только гидроксильные группы серина активного центра КА, но и карбоксильная группа глутаминовой кислоты, а также тиоловая группа цистеина.
Ключевые слова: карбоксипептидаза А, опухоль, яичник.

Согласно данным литературы карбоксипептидазы, в отличие от других протеаз, нельзя четко разделить на тиоловые, сериновые, металлсодержащие и карбоксильные [1, 2]. Почти все карбоксильные карбоксипептидазы являются SH-зависимыми и в некоторых случаях — сериновыми. В то же время щелочные ферменты содержат металл и в некоторых случаях представляют собой SH-зависимые белки. Классические карбоксипептидазы А и В содержат в активном центре цинк, а SH-группы являются его лигандами [3].

Указанные ферменты осуществляют катализ посредством ограниченного числа различных функциональных групп: карбоксильных групп аспарагиновой и глутаминовой кислот (ώ-COOH) и С-концевых остатков аминокислот (ά-COOH); аминогрупп лизина (ε-NH_2) и N-концевых остатков аминокислот (ά -NH_2); гуанидиновых групп аргинина; индольных групп триптофана; имидазольных групп гистидина; гидроксильных группы серина и треонина; фенольных групп тирозина; сульфгидрильных (тиоловых) групп цистеина; дисульфидных групп цистина; тиоэфирных групп метионина; алифатических цепей других аминокислот и ароматического кольца фенилаланина [4].

Несмотря на то, что гомогенный препарат карбоксипептидазы А был получен из некоторых органов и тканей человека: легких [5], поджелудочной железы [6], плаценты [7], почек [8], семенной жидкости [9], культуры клеток карциномы легких [10] биохимические свойства выделенных ферментов не были всесторонне изучены.

Цель данного исследования состояла в изучении влияния активаторов и ингибиторов на активность карбоксипептидазы А, полученной из немалигнизированной и опухолевых тканей яичника.

Материалы и методы

Исследования проводили с препаратами карбоксипептидаз А, полученными из немалигнизированной и опухолевых тканей яичника. Гомогенность выде-

© И. Л. Вовчук, С. А. Петров, 2008

ленных ферментов была подтверждена методом электрофореза в системе SDS. Влияние ингибиторов и активаторов на активность фермента исследовали, прединкубируя равные объемы: 0,1 мл реагента и 0,1 мл фермента (концентрация белка – 20 мкг в 0,1 мл) в течение 1 часа при 37°С. Конечные концентрации реагентов в пробе составляли: 2-меркаптоэтанола — 4,27, 8,54 и 12,81 мМ; ПХМБ — 0,17 и 0,33 мМ); тритона Х-100 — 8,33 и 16,7 мкг/мл; ингибитора трипсина из сои — 0,017 и 0,034 мкг /мл; лейпептина — 0,017 и 0,034 мкг/мл; пепстатина — 0,017 и 0,034 мкг/мл; ФМСФ — 0,17 и 0,34 мМ; ЭДТА — 0,085, 0,17 и 0,34 мМ; 1,10-фенантролина — 0,17, 0,34 и 0,67 мМ; метиленовой сини — 0,17 мМ; цистеина — 0,008 и 0,017 мМ; дитиотреитола — 0,17 и 0,34 мМ; уксусно-кислого цинка — 0,08, 0,17 и 0,34 мМ и добавки аминокислот – гистидина, триптофана и тирозина до 0,17 мМ в пробе. Соответствующие количества ингибиторов растворяли в 0,2 М уксусно-ацетатном буфере pH 5,2, а ПХМБ – в минимальном количестве 10%-ного метилцеллюзольва. Активность определяли по гидролизу 2,0 мМ карбобензоксиглутамилфенилаланина за 30 мин инкубации при 37°С. Ингибирование и активирование выражали в процентах по отношению к активности пробы без добавления ингибиторов или активаторов.

Зависимость скорости реакции от концентрации субстрата (карбобензоксиглутамилфенилаланина) и кинетику торможения ферментативной реакции фенилаланином анализировали в координатах Лайнуивера-Берка [4].

Статистическую обработку результатов проводили по общепринятой схеме с использованием методов вариационного анализа [11].

Результаты и их обсуждение

Для выяснения характера ингибирования карбоксипептидазы А немалигнизированной и опухолевых тканей яичника L-фенилаланином были предприняты кинетические исследования данного процесса (рис. 1, 2, 3). Характер пересечения кинетических прямых свидетельствует о том, что фенилаланин характеризуется смешанным типом ингибирования для карбоксипептидазы А как немалигнизированной, так и опухолевых тканей яичника. Анализ соответствующих констант ингибирования показал, что максимальная степень ингибирования наблюдается для карбоксипептидазы А злокачественной ткани яичника (Ki = 0,97 мМ), а наименьшая – для фермента ткани доброкачественной опухоли яичника (Ki = 4,35 мМ). Характер ингибирования свидетельствует о том, что фенилаланин может реагировать как со свободным ферментом в разных точках его белковой молекулы, так и с фермент-субстратным комплексом на разных стадиях превращения этого комплекса. Следует отметить, что данный тип ингибирования, по мнению некоторых авторов [4], является достаточно распространенным.

Для качественного определения функционально-активных группировок, участвующих в биокатализе, был проведен ингибиторный анализ с применением специфических ингибиторов.

Как показали исследования, детергент Тритон Х-100 практически не влиял на активность пептидазы, выделенной из немалигнизированной ткани и незначительно снижал активность препаратов фермента опухолевых тканей (рис. 4, 5, 6).

Активность карбоксипептидазы А, выделенной из немалигнизированного яичника (рис. 4), в большей степени снижалась под действием синтетическо-

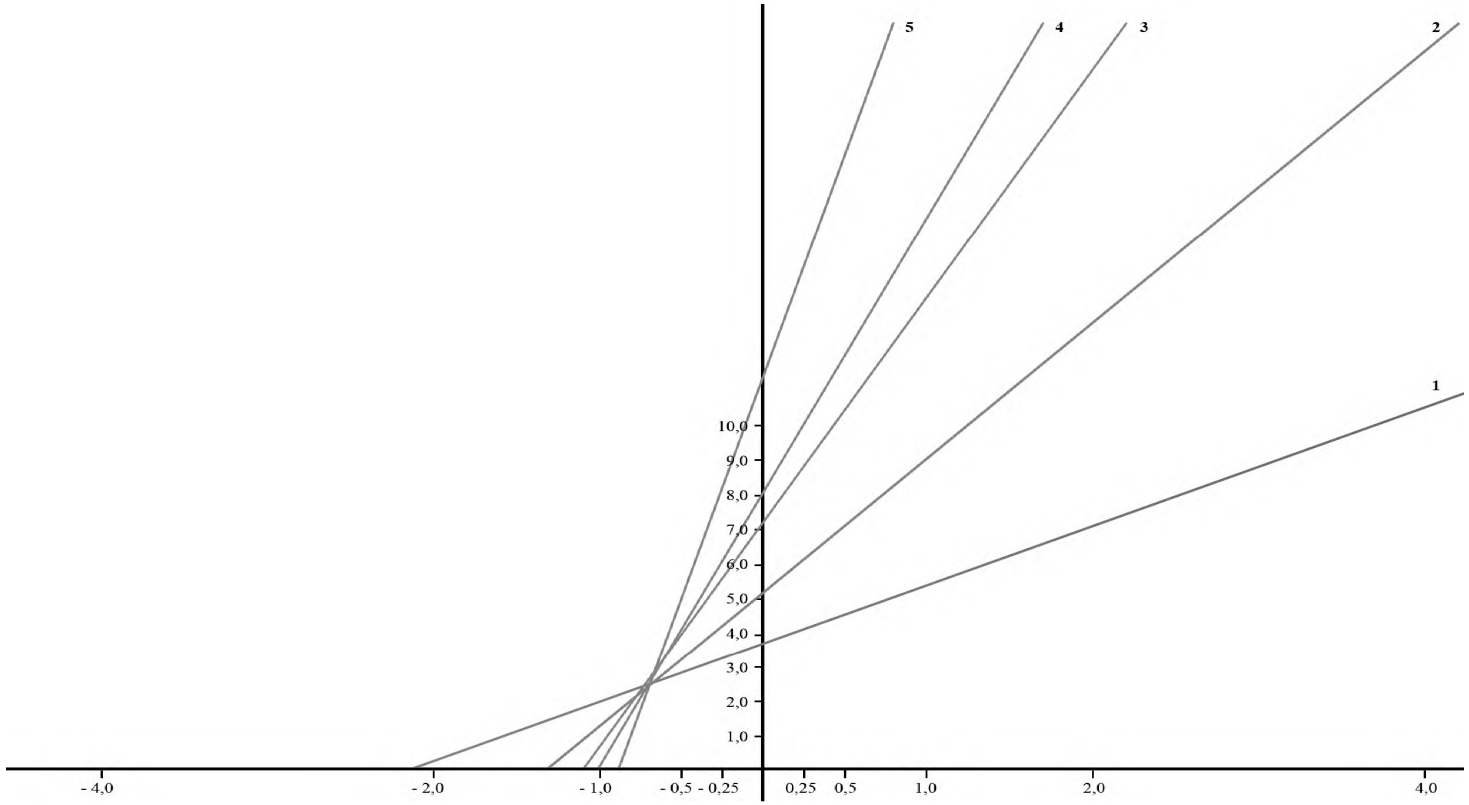
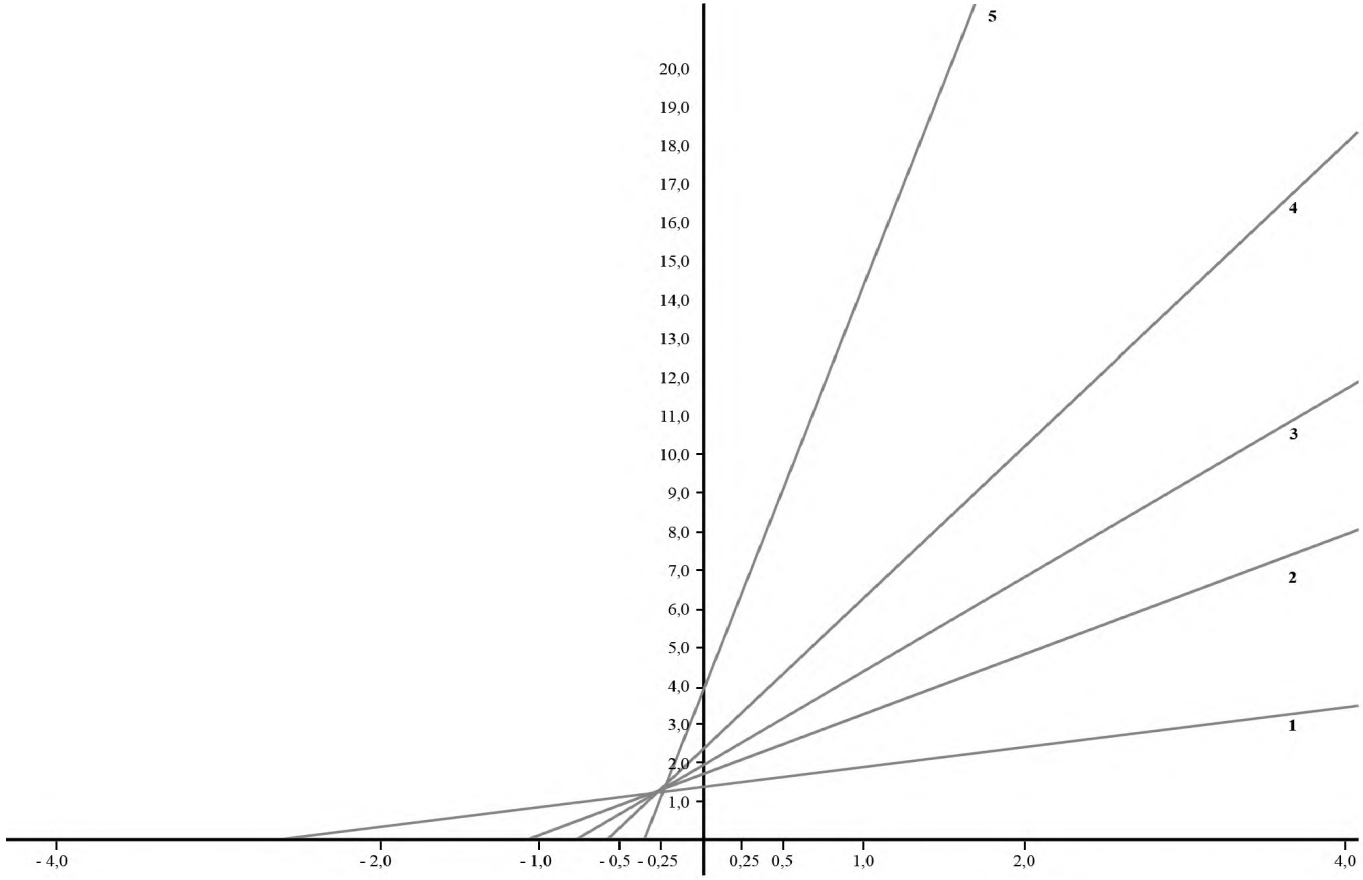


Рис. 1. Тип ингибирования карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника фенилаланином (по Лайнуиверу-Берку). Примечания: 1 – активность фермента без ингибитора. Концентрации фенилаланина: 2 – 0,25 мМ; 3 – 0,5 мМ; 4 - 1,0 мМ; 5 – 2,0 мМ



1/S в мМ карбобензоксифенилаланина

Рис. 2. Тип ингибирования карбоксипептидазы А доброкачественной опухоли яичника фенилаланином (по Лайнуиверу-Берку). Примечания: 1 – активность фермента без ингибитора. Концентрации фенилаланина: 2 – 0,25 мМ; 3 – 0,5 мМ; 4 -1,0 мМ; 5 - 2,0 мМ

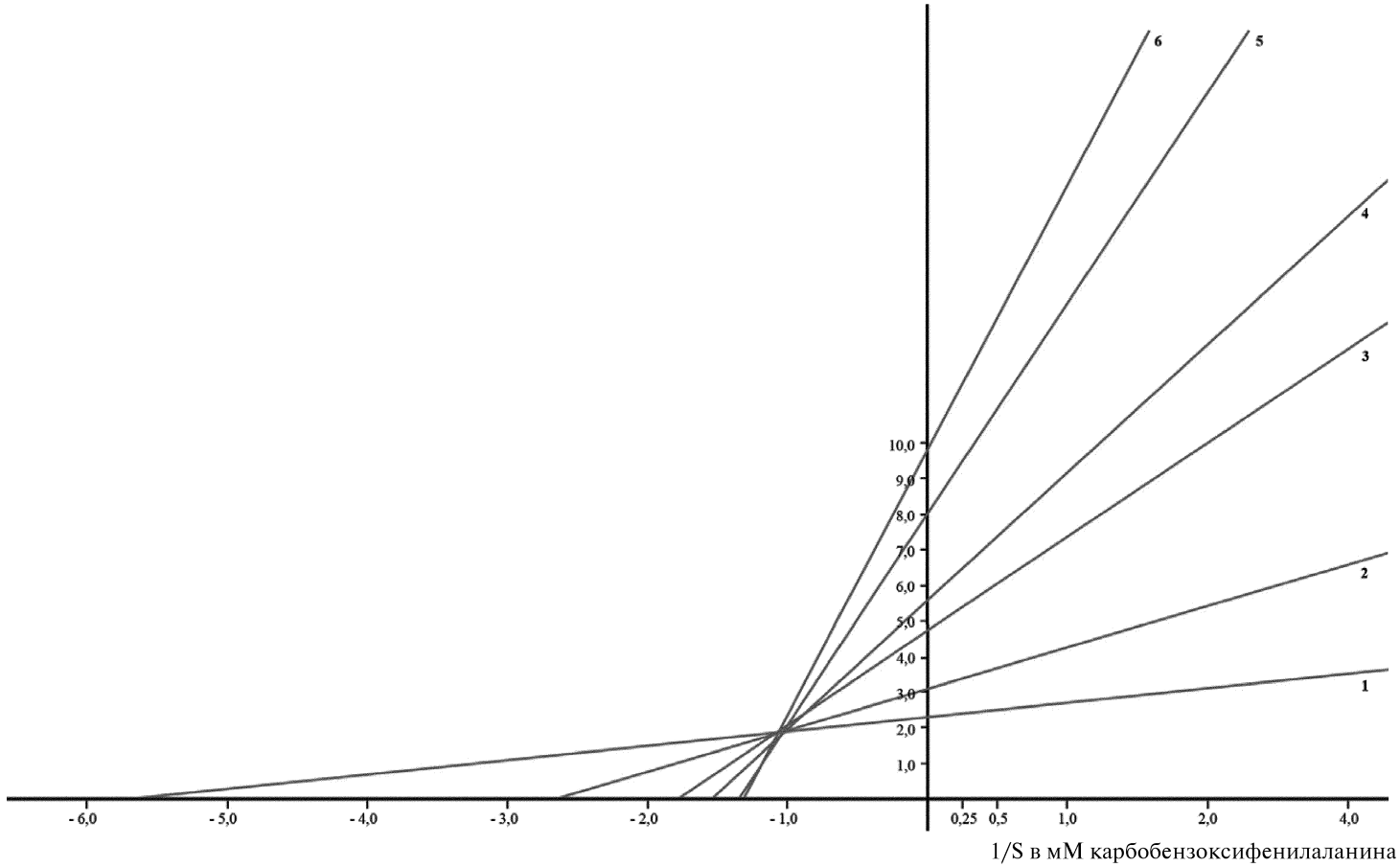


Рис. 3. Тип ингибирования карбоксипептидазы А злокачественной опухоли яичника фенилаланином (по Лайнуиверу-Берку). Примечания: 1 – активность фермента без ингибитора. Концентрации фенилаланина: 2 – 0,25 мМ; 3 – 0,5 мМ; 4 - 1,0 мМ; 5 - 2,0 мМ; 6 — 4,0 мМ

го ингибитора сериновых протеиназ – ФМСФ, менее — под действием пепстатина – ингибитора аспартильных протеаз и незначительно – при добавлении ПХМБ (на 50,0; 72,2 и 20,0%, соответственно). В то же время прединкубация с дитиотреитолом и в большей степени с цистеином приводила к повышению активности фермента на 23,0 и 61,3%, соответственно (рис. 7 *а*).

Полученные результаты позволяют предположить, что в каталитической функции карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника принимают участие гидроксильная группа серина и карбоксильная группа, вероятно, глутаминовой кислоты. Немаловажное значение в обеспечении каталитической функции этого фермента также могут иметь тиоловые группы. По всей видимости карбоксипептидаза А немалигнизированного яичника представляет собой сериновую карбоксипептидазу, как и многие карбоксипептидазы животного происхождения [1, 2, 3].

В отличие от карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника, малочувствительной к действию ингибитора трипсина из сои, активность карбоксипептидазы А опухолевых тканей на 20–40% подавлялась этим ингибитором (рис. 5, 6). Карбоксипептидаза А злокачественной опухоли, в отличие от других исследованных пептидаз, была более чувствительна также к действию лейпептина – ингибитора как цистеиновых, так и сериновых ферментов и пепстатина – ингибитора аспартильных ферментов. В отличие от фермента немалигнизированного яичника и фермента доброкачественной опухоли, активность карбоксипептидазы А злокачественной опухоли не подавлялась ФМСФ в концентрации 0,017 мкг/мл и незначительно подавлялась возрастающей концентрацией этого синтетического ингибитора. Фотоокисление гистидина метиленовой синью приводило к ингибированию ферментативной активности, более выраженному в случае пептидазы немалигнизированного яичника, что предолагает участие данной аминокислоты в акте катализа (рис. 4–6). В тоже время, прединкубация фермента с гистидином приводила к значительному снижению (на 76%) активности карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника и наоборот – к увеличению (на 53%) активности пептидазы доброкачественной опухоли (рис. 4, 5).

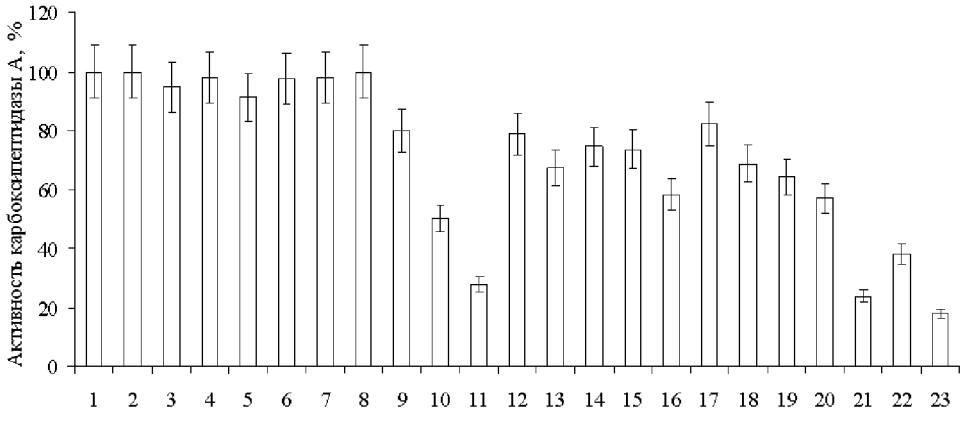


Рис. 4. Влияние ингибиторов на активность карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника (M ± m, n = 4)

Примечание: 1 – контроль; 2 – Тритон Х-100 8,33 мкг; 3 – Тритон Х- 100 16,7 мкг; 4 – Ингибитор трипсина из сои 0,017 мкг; 5 – Ингибитор трипсина из сои 0,034 мкг; 6 – Лейпептин 0,017 мкг; 7 – Лейпептин 0,034 мкг; 8 – Пепстатин 0,017 мкг; 9 – Пепстатин 0,034 мкг; 10 – ФМСФ 0,17 мМ; 11 – ФМСФ 0,34 мМ; 12 – ПХМБ 0,17 мМ; 13 – ПХМБ 0,34 мМ; 14 – ЭДТА 0,085 мМ; 15 – ЭДТА 0,017 мМ; 16 – ЭДТА 0,34 мМ; 17 – 1,10 - фенантролин 0,17 мМ; 18 – 1,10 - фенантролин 0,34 мМ; 19 – 1,10 - фенантролин 0,68 мМ; 20 – метиленовая синь 0,17 мМ; 21 – гистидин 0,17 мМ; 22 – триптофан 0,17 мМ; 23 – тирозин 0,17 мМ.

Остаточная активность фермента представлена в % по отношению к показаниям контроля, принятым за 100%.

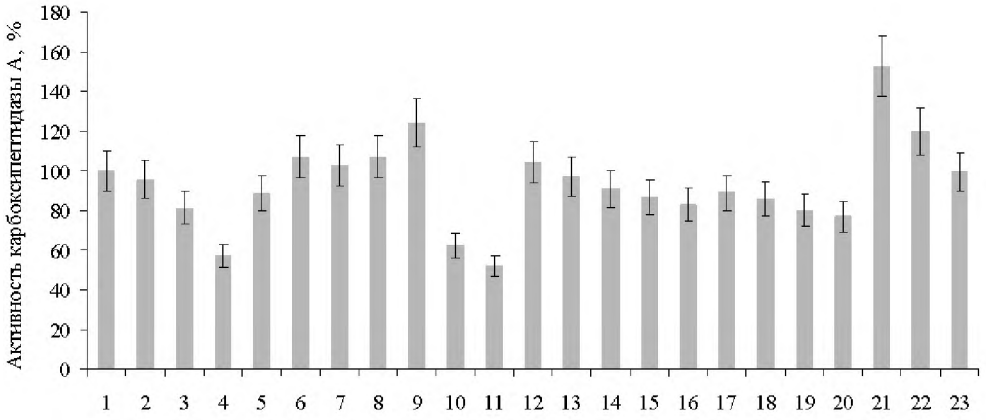


Рис. 5. Влияние ингибиторов на активность карбоксипептидазы А доброкачественной опухоли яичника (M ± m, n = 4)

Примечание: 1 – контроль; 2 – Тритон Х-100 8,33 мкг; 3 – Тритон Х- 100 16,7 мкг; 4 – Ингибитор трипсина из сои 0,017 мкг; 5 – Ингибитор трипсина из сои 0,034 мкг; 6 – Лейпептин 0,017 мкг; 7 – Лейпептин 0,034 мкг; 8 – Пепстатин 0,017 мкг; 9 – Пепстатин 0,034 мкг; 10 – ФМСФ 0,17 мМ; 11 – ФМСФ 0,34 мМ; 12 – ПХМБ 0,17 мМ; 13 – ПХМБ 0,34 мМ; 14 – ЭДТА 0,085 мМ; 15 – ЭДТА 0,17 мМ; 16 – ЭДТА 0,34 мМ; 17 – 1,10 - фенантролин 0,17 мМ; 18 – 1,10 - фенантролин 0,34 мМ; 19 – 1,10 - фенантролин 0,68 мМ; 20 – метиленовая синь 0,17 мМ; 21 – гистидин 0,17 мМ; 22 – триптофан 0,17 мМ; 23 – тирозин 0,17 мМ.

Остаточная активность фермента представлена в % по отношению к показаниям контроля, принятым за 100%.

Известно, что активность многих ферментов угнетается аминокислотами, которые являются аналогами субстратов или продуктами реакции [12]. Ароматические аминокислоты триптофан и в большей степени тирозин снижали активность карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника и злокачественной опухоли и не влияли на активность фермента доброкачественной опухоли (рис. 4–6).

Также как и в случае пептидазы немалигнизированного яичника, активность карбоксипептидазы А доброкачественной и злокачественной опухолей увеличивалась в присутствии цистеина и дитиотреитола (рис. 5, 6).

Возрастающие концентрации ионов цинка (рис. 7 *а*, *б*, *в*) на 14,7–29,1% снижали активность фермента немалигнизированного яичника и злокачественной опухоли и в меньшей степени влияли на активность карбоксипептидазы А, выделенной из ткани доброкачественной опухоли яичника.

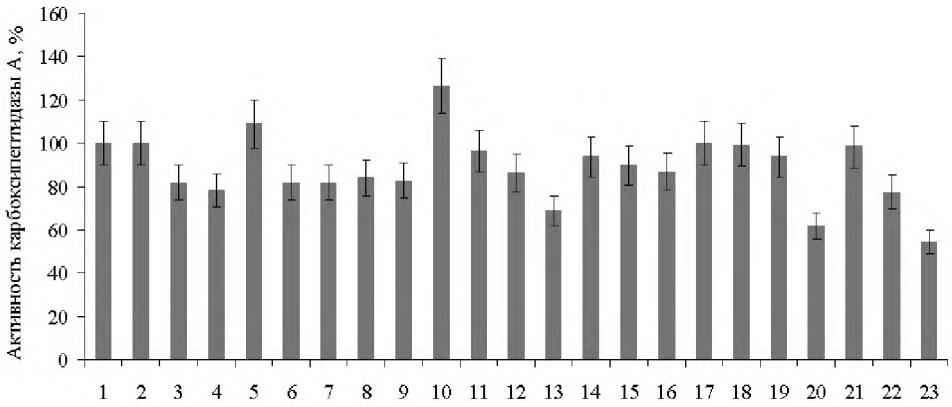


Рис. 6. Влияние ингибиторов на активность карбоксипептидазы А злокачественной опухоли яичника (M ± m, n = 4)

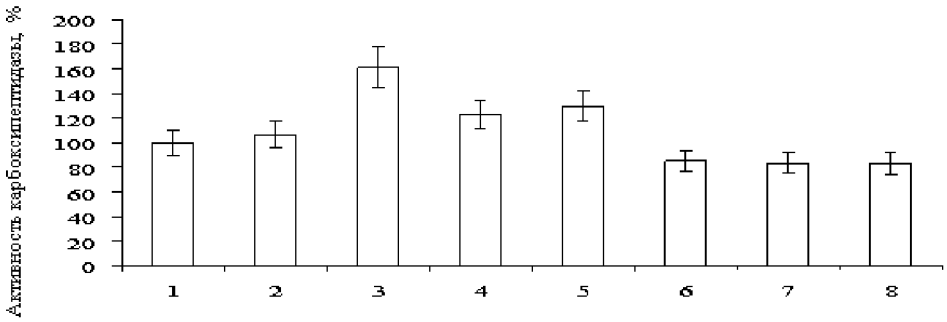
Примечание: 1 – контроль; 2 – Тритон Х-100 8,33 мкг; 3 – Тритон Х- 100 16,7 мкг; 4 – Ингибитор трипсина из сои 0,017 мкг; 5 – Ингибитор трипсина из сои 0,034 мкг; 6 – Лейпептин 0,017 мкг; 7 – Лейпептин 0,034 мкг; 8 – Пепстатин 0,017 мкг; 9 – Пепстатин 0,034 мкг; 10 – ФМСФ 0,17 мМ; 11 – ФМСФ 0,34 мМ; 12 – ПХМБ 0,17 мМ; 13 – ПХМБ 0,34 мМ; 14 – ЭДТА 0,085 мМ; 15 – ЭДТА 0,17 мМ; 16 – ЭДТА 0,34 мМ; 17 – 1,10 - фенантролин 0,17 мМ; 18 – 1,10 - фенантролин 0,34 мМ; 19 – 1,10 - фенантролин 0,68 мМ; 20 – метиленовая синь 0,17 мМ; 21 – гистидин 0,17 мМ; 22 – триптофан 0,17 мМ; 23 – тирозин 0,17 мМ.

Остаточная активность фермента представлена в % по отношению к показаниям контроля, принятым за 100%.

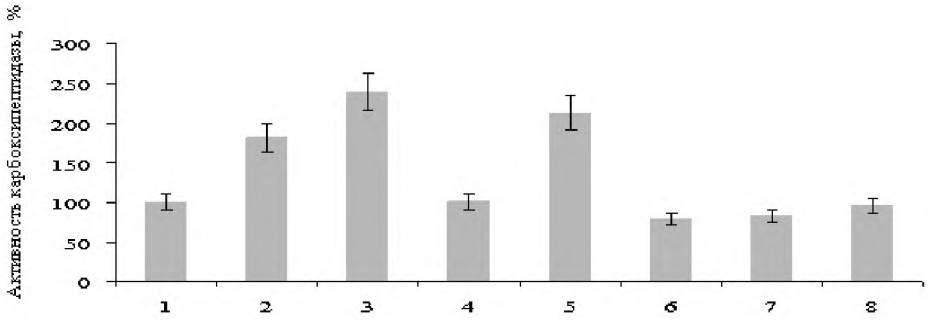
Добавление редуцирующего реагента 2-меркаптоэтанола, вне зависимости от концентрации, приводило к полному подавлению ферментативной активности ферментов как немалигнизированной, так и опухолевых тканей, что может свидетельствовать об участии SH-групп в каталитической функции этих ферментов, т.к. тиоловые группы способны образовывать с 2-меркаптоэтанолом смешаные дисульфиды.

Следует отметить, что процесс усиления малигнизации характеризуется снижением чувствительности препаратов фермента к действию хелатных реагентов: ЭДТА и 1,10-фенантролина, что может свидетельствовать о том, что в молекулах ферментов из опухолевых тканей металл расположен либо в глубине белковой молекулы, либо экранирован другими частями молекулы, что делает его менее доступным для действия хелатного реагента (рис. 4, 5, 6). В то же время карбоксипептидаза А немалигнизированного яичника более чувствительна к действию ЭДТА, что предполагает менее глубокое расположение металла в молекуле белка (рис. 4).

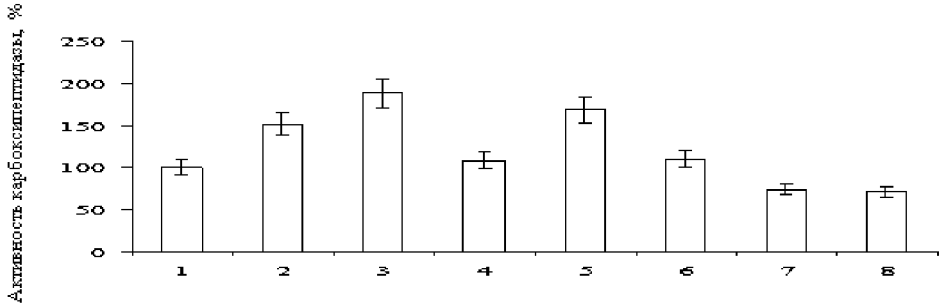
Следует отметить, что в каталитической активности карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника и особенно опухолевых тканей определенную роль могут играть тиоловые группы. На это обстоятельство указывают результаты активирующего действия дитиотреитола на активность данной пептидазы. С другой стороны, эти реакции во многом могут быть неспецифичными и наиболее выраженны для карбоксипептидазы А доброкачественной опухоли, так как ингибирующее действие ПХМБ на пептидазу этой опухоли было незначительным.



а



б



в

Рис. 7. Влияние активаторов на активность карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника (*а*), доброкачественной (*б*) и злокачественной (*в*) опухоли яичника (В) (M ± m, n = 4)

Примечание: 1 – контроль; 2 – цистеин 0,008 мМ; 3 – цистеин 0,017 мМ; 4 – дитиотреитол 0,17 мМ; 5 – дитиотреитол 0,34 мМ; 6 – Zn^{++} 0,08 мМ; 7 – Zn^{++} 0,17 мМ; 8 – Zn^{++} 0,34 мМ.

Остаточная активность фермента представлена в % по отношению к показаниям контроля, принятым за 100%.

Таким образом, изучение действия ингибиторов на активность карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника и опухолевых тканей яичника показало, что между физико-химическими свойствами этих пептидаз имеются некоторые различия. В гидролизе карбобензоксиглутамилфенилаланина карбоксипептидазой А немалигнизированного яичника и опухолевых тканей яичника принимают участие: гидроксильные группы серина, карбоксильная группа глутаминовой кислоты и тиоловая группа цистеина, которая имеет немаловажное значение для проявления ферментативной активности карбоксипептидазы А этих тканей.

Таким образом повышение активности карбоксипептидазы А в тканях со злокачественными новообразованиями может быть связано с изменением аминокислотного состава в сторону увеличения содержания аминокислот с функционально значимыми для реализации ферментативной функции группировками.

В конечном счете складывается впечатление, что образование доброкачественных и злокачественных опухолей происходит принципиально разными путями, так как большинство исследованных нами показателей у этих опухолей оказываются противоположными.

Выводы

1. Для карбоксипептидазы А немалигнизированного яичника и опухолевых тканей яичника женщин характерен смешанный тип ингибирования фермента фенилаланином.
2. Максимальная степень ингибирования наблюдается для карбоксипептидазы А злокачественной опухоли яичника (Ki = 0,97 мМ), наименьшая – для фермента доброкачественной опухоли (Ki = 4,35 мМ).
3. Усиление процесса малигнизации яичника характеризуется снижением чувствительности карбоксипептидазы А к хелатным реагентам.
4. Активность карбоксипептидазы А как немалигнизированного яичника, так и опухолевых тканей яичника полностью подавляется в присутствии 2-меркаптоэтанола и увеличивается в присутствие цистеина и дитиотреитола.
5. Ароматические аминокислоты триптофан и в большей степени тирозин снижают активность карбоксипептидазы А немалигни-зированного яичника и злокачественной опухоли и не влияют на активность фермента доброкачественной опухоли яичника.
6. Карбоксипептидаза А немалигнизированного яичника и опухолевой тканей яичника является сериновой карбоксипептидазой, в каталитической функции которой принимают участие карбоксильная группировка глутаминовой кислоты, гистидин и SH-группа цистеина.

Литература

1. *Колодзейская М. В., Пилявская А. С.* Пептидазы. - К.: Наук. Думка, 1982. - 176 с.
2. *Пилявская А. С.* Выделение и свойства карбоксипептидазы Streptomyces Griseus. - К., 1977. - 133 с.
3. *Неорганическая* биохимия. Т. 1. - М.: Мир, 1978. - С. 504- 505.
4. *Виноградова Р. П.* Молекулярные механизмы действия ферментов. - К.: Вища школа; 1978. - 280 с.
5. *Human* mast cell carboxypeptidase. Purification and characterization / S. M. Goldstein, C. E. Kaempfer, J. T. Kealey, B. U. Wintroub // J. Clin. Invest. - 1989. - Vol. 83, N 5. - P. 1630- 1636.

6. *Purification* and properties of five different forms of human procarboxy-peptidases / R. Pascual, F. J. Burgos, M. Salva, F. Soriano, E. Mendez, F. X. Aviles // Eur. J. Biochem. - 1989. - Vol. 179, N 3. - P. 609- 616.
7. *Skidgel R. A., Davis R. M., Tan F.* Human carboxypeptidase M. Purification and characterization of a membranebound carboxypeptidase thet cleaves peptide hormones // J. Biol. Chem. - 1989. - Vol. 264, N 4. - P. 2236- 2241.
8. Cleavage of atrial natriuretic peptide by a kidney membrane-bound carboxypeptidase A / A. Michel, J. Nortier, A. Humblet, C. Paradis, E. De Prez, M. Deschodt-Lanckman // Peptides. - 1998. - Vol. 19, N 5. - P. 907- 912.
9. *Skigel R. A., Deddish P. A., Davis R. M.* Isolation and characterization of a basic carboxypeptidase from human seminal plasma // Arch. Biochem. Biophys. - 1988. - Vol. 267, N 2. - P. 660- 667.
10. *Construction* and chemotherapeutic potential of carboxypeptidase A/mono-clonal antibody conjugate / A. Esswein, E. Hanseler, Y. Montejano, K. S. Vitols, F. M. Huennekens // Adv. Enzyme. Regul. - 1991. - Vol. 31. - P. 3- 12.
11. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. - Минск: Высшая школа, 1967. - 326 с.
12. *Диксон М., Уэбб Э.* Ферменты. - М.: Мир, 1966. - С. 388- 389.

І. Л. Вовчук, С. А. Петров
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра біохімії,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна. Тел: (0482)687875; e-mail: irvov@mail.ru

РЕГУЛЯЦІЯ АКТИВНОСТІ КАРБОКСИПЕПТИДАЗИ А ЯЄЧНИКА ЖІНОК ІНГІБІТОРАМИ ТА АКТИВАТОРАМИ

Резюме
Встановлено, що інгібування карбоксипептидази А (КА) фенілаланіном - інгібітором КА - відбувається за змішаним типом. Аналізом відповідних констант інгібування встановлено максимальний ступінь інгібування КА із злоякісної тканини, а найменший - для ферменту із доброякісної пухлини. Дослідження впливу інгібіторів та активаторів показало, що у каталізі приймають участь не тільки гідроксильні групи серіну активного центру КА, а також карбоксильна група глутамінової кислоти та тіолова група цистеїну.

Ключові слова: карбоксипептидаза А, пухлина, яєчник.

I. L. Vovchuk, S. A. Petrov
Odessa National I. I. Mechnikov University, Department of Biochemistry,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine. Tel: (0482)687875; e-mail: irvov@mail.ru

ACTIVATORS AND INHIBITORS REGULATION OF CARBOXYPEPTIDASE A ACTIVITY FROM WOMEN'S OVARIA

Summary
It is established that the inhibition of carboxypeptidase A (CA) by phenilalanine, the CA inhibitor, occurs by compound type. Analysis of appropriate constants haы shown that maximal range of inhibition was observed for CA from malignant tissue and the lowest range was observed for the enzyme from benign tumor. The investigation of inhibitors and activators effects has shown that it is not not only serine hydroxo groups of active center of CA that take part in catalysis but also carboxo group of glutamic acid and tiol group of cysteine.

Keywords: carboxypeptidase A, tumour, ovary.

УДК: 577.164.1

З. Є. Захарієва, канд. біол. наук, доц., **Н. Л. Федорко**, канд. біол. наук, доц., **С. С. Чернадчук**, канд. біол. наук, доц., **С. А. Петров**, д-р біол. наук, проф.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
Шампанський пров., 2, м. Одеса, 65058, Україна;
e-mail: chuk32@yandex.ru

ВПЛИВ ВІТАМІНУ B_6 НА АКТИВНІСТЬ АЛКОГОЛЬДЕГІДРОГЕНАЗИ В ОРГАНАХ ЩУРІВ

Встановлено збільшення активності АДГ в тканинах щурів після ін'єкції вітаміну B_6. Цей ефект не залежить від природи використаного в якості субстрату спирту. Обговорюється можливий механізм стимулюючої дії піридоксину на тканинну алкогольдегідрогеназу.
Ключові слова: алкогольдегідрогеназа, піридоксин.

У ряді робіт показана різноманітність біохімічних функцій вітамінів групи В. Механізми такого впливу не завжди відомі, і їх асоціюють як з коферментними функціями вітамінів, так і з некоферментними, які в цей час недостатньо вивчені [1, 2, 3].

Одним із найбільш важливих напрямів у дослідженні некоферментних функцій вітамінів є вивчення їхньої прямої дії на ферменти взагалі й, зокрема, на ферменти, які містять коферментні форми інших вітамінів.

Такі дослідження дозволяють вивчити не тільки некоферментні функції вітамінів, але й визначити характер взаємин між ними.

Особливий інтерес представляють дослідження впливу піридоксину на НАД-залежні ферменти, оскільки піридоксин і нікотинова кислота містять в основі піридинове кільце. Одним із таких ферментів є алкогольдегідрогеназа (АДГ) — фермент класу оксидоредуктаз (1.1.1.1), який каталізує окиснення спиртів до альдегідів або кетонів.

У зв'язку з тим, що останнім часом у клінічній практиці зростає інтерес до використання піридоксину і його похідних для терапії алкоголізму, мета наших досліджень полягала у вивченні впливу вітаміну B_6 на активність алкогольдегідрогенази в деяких органах щурів.

Матеріал та методи досліджень

Використовували статевозрілих щурів масою 180–200 г. Всіх тварин утримували в стандартних умовах віварію Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Всі маніпуляції з тваринами проводили згідно з Європейською Конвенцією про захист тварин, які використовуються з експериментальною науковою метою.

Тваринам внутрішньом'язово вводили вітамін B_6 у дозі 50 мкмоль/100 г, контрольним тваринам вводили фізіологічний розчин. Терміни декапітації тварин — 1 та 2 години після ін'єкції вітаміну.

Активність алкогольдегідрогенази визначали у гомогенатах тканин печінки, нирок, серця, мозку [4]. Для аналізу отриманих результатів застосовували мето-

© З. Е. Захарієва, Н. Л. Федорко, С. С. Чернадчук, С. А. Петров, 2008

ди статистичної обробки з використанням параметричних критеріїв оцінки розбіжності між вибірками. Достовірно різними вважалися результати при $P \leq 0,05$. [5].

Результати досліджень та їх обговорювання

Для оцінки загального окиснювально-відновного стану тканин був проведений вимір активності відновлення внесеного $НАД^+$ тканинними ферментними системами за рахунок ендогенних субстратів. Для оцінки активності АДГ додавали етанол, н-бутанол та ізобутанол (див. табл.).

Як видно з таблиці, органи щурів відрізняються за рівнем окисних процесів. Максимальне відновлення ендогенного НАД спостерігали в тканинах серця й мозку, а мінімальне - в тканинах нирок.

Внутрішньом'язове введення фізіологічного розчину практично не впливало на інтенсивність ендогенних окисних процесів, які протягом 120 хвилин залишалися у вихідних межах для кожного органу. Що стосується впливу піридоксину на рівень НАДН при окиснюванні ендогенних субстратів, то воно виявилося неоднозначним для різних органів. Для печінки відзначено незначне збільшення рівня НАДН через 120 хвилин після внутрішньом'язового введення вітаміну B_6. У тканинах нирок вітамін B_6 значно стимулює ендогенні окисні процеси. Кількість відновленого екзогенного НАД зростає в 2 рази через 60 хвилин і в 3 рази через дві години після введення. В мозку спостерігалося незначне зниження кількості відновленого НАД через годину після введення вітаміну B_6 з наступним відновленням вихідного рівня через 2 години. Інші результати отримано для тканин серця - відзначено достовірне зниження відновленого НАД в 2 рази.

Таким чином, внутрішньом'язове введення вітаміну B_6 впливає на утворення НАДН за рахунок ендогенних окисних процесів, але ступінь цього впливу залежить як від специфіки органу, так і від часу після введення вітаміну.

При дослідженні активності алкогольдегідрогенази було відзначено, що внутрішньом'язове введення фізіологічного розчину практично не впливає на активність ферменту, і його показники залишаються в межах норми у всіх органах, незалежно від часу після введення.

Після введення вітаміну B_6 спостерігали достовірне збільшення активності АДГ у печінці, нирках і серці, що становить 20% і 80% для печінки, 18% і 30% для нирок і 29% і 200% для серця через 60 і 120 хвилин відповідно.

Як видно з таблиці, органи щурів відрізняються активністю АДГ залежно від природи органу. У печінці активність АДГ максимальна, в тканинах нирок і мозку активність цього ферменту значно нища, ніж у печінці (на 25% та на 54% відповідно). Слід зазначити, що активність АДГ максимальна при окиснюванні етанолу і значно менша у випадку використання інших спиртів.

Внутрішньом'язове введення вітаміну B_6 стимулює активність АДГ при окиснюванні бутанолу. Незважаючи на те, що при окиснюванні цього субстрату, у порівнянні з етанолом, активність АДГ нижча у всіх органах, введення білим щурам вітаміну у цьому випадку вірогідно підвищує активність ферменту в печінці, нирках і серці як через 60 хвилин, так і через 120 хвилин після ін'єкції. В протилежність цьому в тканинах мозку активність ферменту за цих умов знижується.

Таким чином, наведені результати свідчать про те, що введення дослідним тваринам вітаміну B_6 збільшує активність АДГ майже у всіх досліджених органах при застосуванні як етанолу, так і інших спиртів.

Відновлення екзогенного НАД$^+$ до НАДН (мкмоль /мг білка$_*$хв) екстрактами органів щурів за рахунок ендогенних субстратів і доданих спиртів

ОРГАН	Екзогенний спирт	Інтактні тварини	Ін'єкції, час експозиції			
			Фізіологічний розчин		Вітамін B_6	
			60 хв	120 хв	60 хв	120 хв
Печінка	Ендогенне окиснення	0,080±0,008	0,090±0,010	0,098±0,012	0,076±0,007	0,090±0,009
	Етанол	0,107±0,015	0,107±0,018	0,107±0,012	0,128±0,013	0,191±0,019*
	Н-бутанол	0,043±0,006	0,041±0,007	0,041±0,004	0,049±0,005	0,072±0,007*
	Ізобутанол	0,032±0,004	0,029±0,005	0,033±0,004	0,035±0,003	0,052±0,005*
Нирки	Ендогенне окиснення	0,043±0,005	0,051±0,005	0,062±0,01	0,103±0,010*	0,133±0,02*
	Етанол	0,081±0,015	0,092±0,009	0,091±0,009	0,096±0,010	0,106±0,015
	Н-бутанол	0,027±0,005	0,033±0,003	0,034±0,003	0,035±0,004	0,040±0,006
	Ізобутанол	0,019±0,005	0,024±0,002	0,025±0,002	0,025±0,003	0,029±0,004
Мозок	Ендогенне окиснення	0,145±0,035	0,103±0,020	0,110±0,011	0,115±0,011	0,144±0,014*
	Етанол	0,080±0,015	0,082±0,016	0,079±0,017	0,076±0,010	0,76±0,010
	Н-бутанол	0,043±0,005	0,039±0,006	0,036±0,004	0,033±0,004	0,035±0,004
	Ізобутанол	0,030±0,005	0,027±0,004	0,025±0,003	0,024±0,003	0,024±0,003
Серце	Ендогенне окиснення	0,268±0,035	0,264±0,040	0,257±0,026	0,146±0,020*	0,131±0,015*
	Етанол	0,047±0,010	0,040±0,004	0,038±0,005	0,061±0,010*	0,143±0,020*
	Н-бутанол	0,017±0,004	0,015±0,001	0,014±0,001	0,023±0,004	0,055±0,005*
	Ізобутанол	0,012±0,003	0,011±0,001	0,010±0,001	0,017±0,003	0,040±0,004*

Примітка:* – відмінності показників піддослідних щурів від контролю (ендогенне окиснення), $p \leq 0,05$.

Цей ефект може бути пов'язаний зі стимуляцією активності амінотрансфераз, яка відбувається за рахунок синтезу ПАЛФ з екзогенного піридоксину. В свою чергу, активація амінотрансфераз призводить до посилення утворення кетокислот і, в першу чергу, пірувату, який в анаеробних умовах частково метаболізується до етилового спирту - субстрату для АДГ.

Висновки

1. Внутрішньом'язове введення вітаміну B_6 впливає на утворення НАДН за рахунок ендогенних окисних процесів.
2. Активність АДГ у печінці, нирках і серці білих щурів після введення вітаміну B_6 достовірно зростає.

Література

1. *Боброва Н. П.* Взаимоотношения тиамина и его производных с рибофлавином // Материалы конференции «Межвитаминные взаимоотношения». - Гродно: Редакционно-издательский совет ЛН БССР, 1975. - С. 12.
2. *Петров С. А.* Некоферментные эффекты тиамина и его метаболитов // Биомедицинская химия. - 2006. - Т. 52, вып. 4. - С. 335- 345.
3. *Петров С. А., Донеско Е. В.* Влияние тиамина и его метаболитов на активность аспартат- и аланинаминотрансферазы в организме белых крыс и донорской крови // Физиол. ж. - 1989. - Т. 35, №4. - С. 94- 96.
4. *Кочетов Г. А.* Практическое руководство по энзимологии. - М.: Высш. школа, 1980. - С. 145- 146.
5. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. - Минск: Высш. школа, 1967. - 326 с.

З. Е. Захариева, Н. Л. Федорко, С. С. Чернадчук, С. А. Петров
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
Шампанский пер., 2, г. Одесса, 65058, Украина; e-mail: chuk32@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНА B_6 НА АКТИВНОСТЬ АЛКОГОЛЬДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ОРГАНАХ КРЫС

Резюме
Установлено повышение активности АДГ в тканях крыс при введении витамина B_6. Этот эффект не зависит от природы используемого в качестве субстрата спирта. Обсуждается возможный механизм стимулирующего действия пиридоксина на тканевую алкогольдегидрогеназу.

Ключевые слова: алкогольдегидрогеназа, пиридоксин.

Z. Zacharieva, N. Fedorko, S. Chernadchuk, S. Petrov
Odessa National I. I. Mechnikov University,
Shampanski Line, 2, Odessa, 65058, Ukraine; e-mail: chuk32@yandex.ru

Summary
It was established the ADH activation in rat tissues under the vitamin B6 injection. This effect did not depend upon the nature of alcohol used as substrate. The mechanism of stimulatory action of pyridoxine on tissue alcohol dehidrogenase is discussed.

Keywords: alcohol dehidrogenase, pyridoxine.

УДК 577.152.344:577.15.072

К. А. Філіпцова, асп., **І. Л. Вовчук**, канд. біол. наук, доц.
Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, кафедра біохімії,
вул. Дворянська 2, Одеса, 65082, Україна. Тел: (0482) 68-78-75; e-mail: irvov@mail.ru

ВИДІЛЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ КАРБОКСИПЕПТИДАЗИ А З НЕМАЛІГНІЗОВАНОЇ ТКАНИНИ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОФОРЕЗУ

Розроблена методика виділення та очищення карбоксипептидази А з немалігнізованої тканини молочної залози. Методика складається з поступового осадження сульфатом амонію та препаративного електрофорезу. Методом препаративного електрофорезу в ПААГ з'ясовано спектри ізоформ та ідентифіковані окремі ізозими карбоксипептидази А досліджуваної тканини. Встановлено, що поступове осадження призводить до ефективного розподілу карбоксипептидази А по фракціях. Аналіз електрофореграм білкового спектра показав наявність тканеспецифічного для немалігнізованої тканини молочної залози білка, характерного для кожного насичення. Серед білків, виділених з немалігнізованої тканини молочної залози методом висолення та препаративного електрофорезу, 41% складають білки, що мають ферментативну А-карбоксипептидазну активність.
Ключові слова: карбоксипептидаза А, молочна залоза, електрофорез.

Вивчення механізмів регуляції активності карбоксипептидази А (КФ 3.4.2.1) як на молекулярному, так і на тканинному рівні та дослідження біохімічних властивостей цієї пептидази можливе тільки за умов отримання її в очищеному стані. Виділення ферменту і очищення його до гомогенного стану є найважливішим і дуже важким завданням. Електрофоретичний метод часто використовують для підтвердження гомогенності виділеного ферменту та ідентифікації його ізоформ. Так, електрофоретичним методом було виділено з комерційного препарату "Pronasa" [1] компонент, що має А- карбоксипептидазну активність. Використання методу препаративного електрофорезу дозволило отримати з тканини шлунку людини ізоферменти гексокінази та вивчити їх біохімічні властивості [2]. Однак, в сучасній літературі нами не знайдено інформації, присв'яченої виділенню та очищенню препаратів карбоксипептидази А із тканини молочної залози.

В зв'язку з цим метою роботи було вивчення електрофоретичних спектрів водорозчинних білків та білків, фракціонованих з немалігнізованої тканини молочної залози, а також ідентифікація ізозимів карбоксипептидази А безпосередньо в гелевому блоці.

Матеріали і методи

Зразки немалігнізованої тканини молочної залози гомогенізували в дистильованій воді (у співвідношенні 1 : 10) і центрифугували при 9000 g/хв при +4°С протягом 45 хв. Для очищення екстракту від низькомолекулярних домішок використовували метод діалізу проти 20-кратного об'єму дистильованої води в присутності 2 мМ Zn^{++} [3]. Розчини білків, отримані після діалізу, поетапно фракціонували сульфатом амонію [3, 4]. Для очищення від надлишку

© К. А. Філіпцова, І. Л. Вовчук, 2008

$(NH_4)_2SO_4$, що заважав визначенню білка по методу Lowry [5], фракції, отримані при 20-ти, 40-ка, 60-ти і 80-ти відсодковому насиченні сульфатом амонію, піддавали повторному діалізу за тих же умов. У фракціях визначали активність карбоксипептидази А по гідролізу синтетичного субстрату карбобензоксиглутам ілфенілаланіну – 2 мМ [6].

Вертикальний електрофорез проводили на пластинах 140 × 140 × 1 мм в лужному (тріс-гліцериновий буфер, pH 8,3) середовищі в 10%-му поліакриламідному гелі ("Reanal", Угорщина) при температурі 25°С протягом 3,5 годин [7]. Зразки вносили в слоти в об'ємі 30 мкл в 15 мкл 60%-го розчину сахарози. Початкове концентрування білків проводили протягом 20 хв. при 20 мА (з розрахунку на два гелевих блоки), а подальший розподіл білків – при 40 мА. В якості лідируючого барвника використовували 0,1%-ий розчин бромфенолового синього. Після закінчення електрофорезу гелеві блоки багаторазово відмивали дистильованою водою і фарбували протягом 30 хв. 0,25%-им розчином Кумасі R-250 ("Serva", Швеція) в 45,0%-му етанолі, що містить 9,0%-ну оцтову кислоту. Електрофореграми отримували скануванням вологих гелевих блоків з наступною комп'ютерною обробкою електрофореграм за допомогою програми ANAIS.

Методом препаративного електрофорезу [2] за допомогою зафарбованих Кумасі R-250 білкових смуг ідентифікували ділянки непофарбованого гелю, що містили іммобілізовані білки, в яких далі визначали активність карбоксипептидази А [6]. Оптичну щільність визначали при довжині хвилі 570 нм, питому активність ферменту виражали в мкмоль фенілаланіну на мг білка. В якості контролю брали ділянки гелевого блоку після електрофорезу за тих же умов, але без внесення в слоти досліджуваного матеріалу. Результати дослідження були оброблені статистично з визначенням коефіцієнта Ст'юдента [8].

Результати та їх обговорення

Аналіз електрофореграм за лужного електрофорезу показав, що в немалігнізованій тканині молочної залози спектр водорозчинних білків до діалізу був представлений як малорухливими, так і помірнорухливими і швидкорухливими білками з Rf 0,085, Rf 0,230 і Rf 0,390 відповідно, а після діалізу – тільки помірнорухливими і швидкорухливими білками з Rf від 0,210 до 0,230 та Rf 0,400 відповідно (табл. 1, рис. 1).

При аналізі електрофореграми поетапного фракціонування білків сульфатом амонію 20%, 40%, 60% та 80% насичення було встановлено наявність білків, характерних для кожного етапу насичення. Так, білки немалігнізованої тканини молочної залози, осаджені при 20% насиченні, як і в розчині після діалізу, представлені помірнорухливими і швидкорухливими формами з Rf 0,210, Rf 0,240 та Rf 0,390 відповідно (табл. 1, рис. 1).

При 40% насиченні сульфатом амонію білковий спектр був представлений найбільшою кількістю білків (табл. 1, рис. 1). Встановлено, що серед білків, отриманих при 40% насиченні, як і в спектрі водорозчинних білків до діалізу, після діалізу та отриманих при 20% насичені, присутні характерні помірнорухливі та швидкорухливі білки з Rf 0,210, Rf 0,230 і Rf 0,390. Встановлено, що кількість білків на даному етапі висолення збільшується насамперед за рахунок малорухливої (Rf 0,023) та помірнорухливої (Rf 0,160) форм.

Таким чином білковий спектр немалігнізованої тканини молочної залози в основному представлений білками з Rf 0,210 – 0,240 і Rf 0,390.

За даними літератури, карбоксипептидаза А осаджується за 60–80% насичення сульфатом амонію [9]. Однак використання методу поетапного висолення приводить до більш ефективного фракціонування білків, що мають А-карбоксипептидазну активність, і дозволяє отримати високоочищені індивідуальні ізоформи карбоксипептидази А з високою питомою активністю ферменту. Білковий спектр немалігнізованої тканини молочної залози на 41% представлений білками, що мають А-карбоксипептидазну активність (табл. 2).

Таблиця 1

Електрофоретичні спектри білків немалігнізованої тканини молочної залози, n = 2

Електро-фортична рухливість білків (Rf)	Спектр водорозчинних білків		Фракціонування білків (NH4)2SO4			
	до діалізу	після діалізу	20% насичення	40% насичення	60% насичення	80% насичення
0,011						
0,014						
0,023				+		
0,036						
0,050						
0,058						
0,062						
0,065						
0,066						
0,067						
0,068						
0,070						
0,073						
0,074						
0,075						
0,076						
0,085	+					
0,089						
0,090						
0,097						
0,100						
0,110						
0,120						
0,140						
0,160				+		
0,170						
0,180						
0,190						
0,200						
0,210		+*	+*	+		
0,230	+	+		+		
0,240			+		+	
0,350						
0,360						
0,370						
0,390	+*		+	+*	+*	+*
0,400		+*				

Примітка: * - фракції, що мають ферментативну активність до субстрату карбоксипептидази А - карбобензоксиглутамілфенілаланіну.

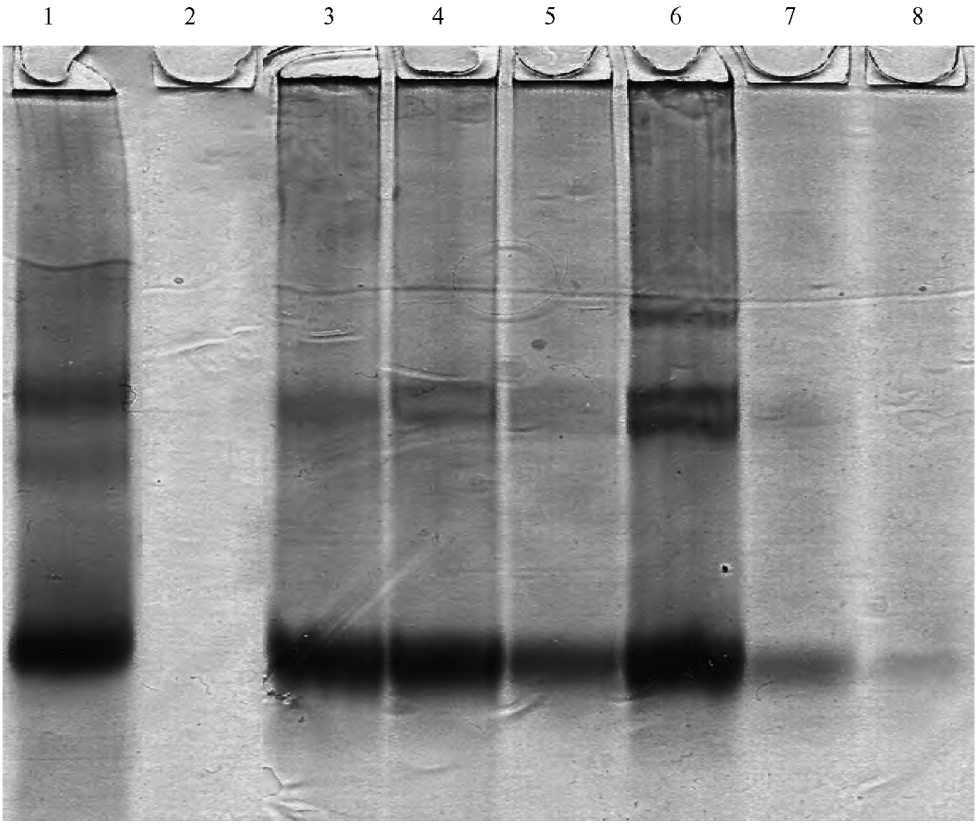


Рис. 1. Електрофореграма водорозчинних білків та білків, осаджених сульфатом амонію з екстрактів немалігнізованої тканини молочної залози

Примітка:

1 - сироватковий альбумін людини, Мг 66500 Да (нанесено 50,0 мкг білка);

2 - контрольний гель (без білка);

3 - водорозчинні білки (до діалізу, нанесено 24,0 мкг білка);

4 - водорозчинні білки (після діалізу, нанесено 22,2 мкг білка);

5 - фракція білків, осаджених при 20%-му насиченні $(NH_4)_2SO_4$ (нанесено 2,7 мкг білка);

6 - фракція білків, осаджених при 40%-ному насиченні $(NH_4)_2SO_4$ (нанесено 21,6 мкг білка);

7 - фракція білків, осаджених при 60%-ному насиченні $(NH_4)_2SO_4$ (нанесено 1,5 мкг білка);

8 - фракція білків, осаджених при 80%-ному насиченні $(NH_4)_2SO_4$ (нанесено 1,2 мкг білка).

При 60% насиченні сульфатом амонію білковий спектр представлений лише помірнорухливими та швидкорухливими білками з Rf 0,240 і Rf 0,390, а при 80% насиченні — тільки одним швидкорухливим білком з Rf 0,390 (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 2

Виділення ізоферментів карбоксипептидази А з немалігнізованої тканини молочної залози методом препаративного електрофорезу в поліакриламідному гелі, n = 3

Фракція	Вихідна фракція білка і ізозими	Вміст білка в фракції, г	ПА, мкмоль фен / мг білка	Коефіцієнт очищення
Розчинні білки до діалізу	Вихідна фракція білка	0,0240 ± 0,0024	0,044 ± 0,004	1,00
	Ізозим Rf 0,390	0,0137 ± 0,0014	0,056 ± 0,006	1,27
Розчинні білки після діалізу	Вихідна фракція білка	0,0222 ± 0,0022	0,047 ± 0,005	1,00
	Ізозим Rf 0,210	0,0022 ± 0,0002	0,359 ± 0,036	7,64
	Ізозим Rf 0,400	0,0145 ± 0,0015	0,067 ± 0,007	1,43
20% насичення $(NH_4)_2SO_4$	Вихідна фракція білка	0,0027 ± 0,0003	0,378 ± 0,038	1,00
	Ізозим Rf 0,210	0,0001 ± 0,00001	8,000 ± 0,800	21,16
40% насичення $(NH_4)_2SO_4$	Вихідна фракція білка	0,0216 ± 0,0022	0,049 ± 0,005	1,00
	Ізозим Rf 0,390	0,0104 ± 0,0010	0,075 ± 0,008	1,53
60% насичення $(NH_4)_2SO_4$	Вихідна фракція білка	0,0015 ± 0,0002	1,753 ± 0,175	1,00
	Ізозим Rf 0,390	0,0010 ± 0,0001	0,833 ± 0,083	0,48
80% насичення $(NH_4)_2SO_4$	Вихідна фракція білка	0,0012 ± 0,0001	1,507 ± 0,151	1,00
	Ізозим Rf 0,390	0,0009 ± 0,0001	0,937 ± 0,094	0,62

Використання методу препаративного електрофорезу дозволило встановити, що коефіцієнт очищення індивідуальних ізозимів даного ферменту становить від 1,27 до 21,16 в залежності від етапу фракціонування (табл. 2).

Встановлено, що питома активність форм карбоксипептидази А з Rf 0,210 зростає під час електрофоретичного розподілу (табл. 2). Це може свідчити про іммобілізацію ферменту в ПААГ, яка призводить до конформаційних змін з підвищенням питомої активності, що співпадає з результатами попередніх досліджень активності карбоксипептидази А немалігнізованої тканини яєчника та ендометрію [10, 11], а також з результатами інших авторів за дослідження деяких ферментів [2, 9].

В окремому досліді (варіант кислого електрофорезу) було показано відсутність лужних форм карбоксипептидази А у фракції водорозчинних білків та білків, осаджених сульфатом амонію.

Таким чином, встановлено факт тканиноспецифічності ферменту немалігнізованої молочної залози. Електрофоретична рухливість цього ензиму (Rf 0,390) відрізняється від електрофоретичної рухливості ферменту, отриманого в аналогічних умовах з тканини яєчника (Rf 0,320) та ендометрію (Rf 0,310) [10, 11].

Висновки

1. Спектр водорозчинних білків та білків, осаджених сульфатом амонію з екстрактів немалігнізованої тканини молочної залози, в основному представле-

ний помірнорухливими білками з Rf 0,210–0,240 та швидкорухливим білком з Rf 0,390.

2. Серед білків, виділених методом препаративного електрофорезу, 41% припадає на ізоформи ферменту з Rf 0,210 та Rf 0,390, що мають А- карбоксипептидазну активність.

Література

1. *Oshima G., Nagasawa K.* Purification of carboxypeptidase A using sepharose 4B-bounds-phenylpropionate // J. Biochem (Tokyo). - 1997. - Vol. 81, N 5. - P. 1285- 1291.
2. *Шварцман А. Л.* О структуре и функциях гексокиназы в раковых клетках человека. - Автореф. ... дис. канд. биол. наук. - Ленинград, 1975. - 28 с.
3. *Практическая* химия Белка. - М.: Мир, 1989. - С. 39- 43.
4. *Marks N., Sachs L., Stern F.* Conversion of Met-enkephalin-Arg 6-Phe 7 by a purified brain carboxypeptidase (cathepsin A) // Peptides. - 1981. - Vol. 2, N 2. - P. 159- 164.
5. *Lowry O. H., Rosenbrough N. I., Fan A. Z., Randol R. J.* Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. - 1951. - Vol. 193. - P. 265- 275.
6. *Bradshaw R. S.* et all. // Proc. Natl. Acad. Sci USA. - 1969. - Vol. 63. - P. 1389- 1394.
7. *Остерман Л. А.* Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие). - М.: Наука, 1982. - 288 с.
8. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. - Минск: Высш. школа. - 1967. - 326 с.
9. *Колозейская М. В., Пилявская А. С.* Пептидазы - К.: Наукова думка, 1982. - 176 с.
10. *Вовчук И. Л.* Выделение и идентификация изоферментов карбоксипептидазы А с опухолевых тканей яичников // Вісник ОНУ - 2006. - Т. 11, № 1. - С. 34- 50.
11. *Вовчук И. Л., Кучеров В. А., Петров С. А.* Выделение и идентификация молекулярных форм карбоксипептидазы А опухолевой ткани эндометрия матки женщин // Вісник Харківського національного університету - 2006. - Вип. 4, № 748. - С. 21- 32.

Е. А. Филипцова, И. Л. Вовчук

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
кафедра биохимии,
ул. Дворянская 2, Одесса, 65082, Украина. Тел: (0482) 68-78-75,
e-mail: irvov@mail.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА КАРБОКСИПЕПТИДАЗЫ А ИЗ НЕМАЛИГНИЗИРОВАННОЙ ТКАНИ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Резюме

Разработан метод выделения и очистки карбоксипептидазы А из немалигнизированной ткани молочной железы. Метод состоит из поэтапного осаждения сульфатом аммония и препаративного электрофореза. Методом препаративного электрофореза в ПААГ установлено спектры изоформ и идентифицированы отдельные изозимы карбоксипептидазы А исследуемой ткани. Установлено, что поэтапное осаждение способствует эфективному разделению карбоксипептидазы А по фракциям по их солерастворимости. Анализ электрофореграм белкового спектра показал наличие тканеспецифического для немалигнизированой ткани молочной железы белка, характерного для каждого насыщения. Среди белков, выделених из немалигнизированной ткани молочной железы методом высаливания и препаративного электрофореза, 41% составляют белки, которые имеют ферментативную А-карбоксипептидазную активность.

Ключевые слова: карбоксипептидаза А, молочная железа, электрофорез.

E. A. Filipcova, I. L. Vovchuk
Odessa National I. I. Mechnikov University, Department of Biochemistry,
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine. Tel: (0482) 68-78-75,
e-mail: irvov@mail.ru

EXTRACTION AND PURIFICATION OF CARBOXYPEPTIDASE A FROM THE NON-MALIGNIZED TISSUE OF THE MAMMALIAN GLAND BY THE METHOD OF ELECTROPHORESIS

Summary
Method of extraction and purification of carboxypeptidase A from the non-malignized tissue of mammalian gland has been created. This method includes gradual sedimentation with the help of ammonium sulfate and preparative electrophoresis. The protein spectrum and isozyme of carboxypeptidase A from the non-malignized tissue of mammalian gland were studied and identified by the PAGE electrophoretic native and preparative method. It has been established that gradual sedimentation promotes effective separating of carboxypeptidase A for salt-solubility on the fractions. Analysis of protein spectrum showed the presence of specific for non-malignized tissue of mammalian gland of protein is characteristical for all fractions. The extracted of method gradual sedimentation and preparative electrophoresis proteins of non-malignized tissue of mammalian gland on 41% is presented by proteins posessed enzymatic A-carboxypeptidase activity.

Keywords: carboxypeptidase A, mammalian gland, electrophoresis.

БОТАНІКА,
ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 582.232/.275-15

Л. Х. Абузарова, асп., **Л. А. Гайсина**, канд. биол. наук, доц.,
Л. М. Сафиуллина, ассист., **Г. Р. Бакиева**, асп.
Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,
кафедра ботаники, биоэкологи и ландшафтного проектирования
г. Уфа, 450000, ул. Октябрьской революции, 3а, Республика Башкортостан

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ *CYLINDROSPERMUM MICHAILOVSKOËNSE* (*CYANOPROKARYOTA*) ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Исследовано влияние мочевины и хлорида калия на морфологические признаки вегетативных клеток, гетероцист и спор цианобактерии *Cylindrospermum michailovskoënse* (*Cyanoprokaryota*). Мочевину применяли в концентрациях 2×10^{-3}; 8×10^{-3}; 2×10^{-2}; 8×10^{-2}; 2×10^{-1}; 5×10^{-1}; 8×10^{-1}; 1,7 моль/л; хлорид калия – 1×10^{-3}; 5×10^{-3}; 1×10^{-2}; 5×10^{-2}; 1×10^{-1}; 3×10^{-1} моль/л. Установлено, что для *C. michailovskoënse* мочевина токсичнее хлорида калия. К удобрениям чувствительны вегетативные клетки, еще более чувствительны – гетероцисты, устойчивы споры. Чувствительность цианобактерии к удобрениям открывает возможности её использования в биомониторинге окружающей среды.
Ключевые слова: цианобактерии, *Cylindrospermum michailovskoënse*, морфологические признаки, клетки, споры, гетероцисты

Введение

Минеральные и органические удобрения повышают плодородие почвы, благотворно влияют на почвообразовательный процесс и являются одними из мощных стимулов усиленного развития почвенной биоты [1]. Среди микроорганизмов особую чувствительность к вносимым в почву химическим веществам проявляют цианобактерии и микроскопические водоросли.

В литературе имеются многочисленные данные о роли удобрений на водоросли и цианобактерии [2, 3–6]. Зачастую эти сведения довольно противоречивы [1, 4, 7–12]. Проблема влияния удобрений на разные группы и отдельные виды почвенных организмов изучена не в полной мере и требует дальнейших исследований.

Цель настоящей работы состоит в изучении влияния мочевины и хлорида калия на морфологические признаки цианобактерии Цилиндроспермум михайловский *Cylindrospermum michailovskoënse* Elenkin (Cyanoprokaryota), который достаточно часто встречается как в почвах России [13, 14], так и Украины [15].

Материалы и методы

Изучали влияние мочевины и хлорида калия на морфологические признаки цианобактерии *C. michailovskoënse*. В экспериментах использовали изолят цианобактерии, выделенный из пойменной почвы около реки Большая Караганка (Челябинская область). Вид характеризуется прямыми или изогнутыми трихо-

© Л. Х. Абузарова, Л. А Гайсина, Л. М. Сафиуллина,
Г. Р. Бакиева, 2008

мами, удлинённо-цилиндрическими или бочёнкообразными клетками, наличием терминальных гетероцист и спор.

Цианобактерию выделяли в культуру с поверхности стёкол обрастания, полученную культуру выращивали на жидкой и агаризованной среде Чу-10. Эксперименты проводили в жидкой среде в двукратной повторности. Выбор удобрений определялся тем, что они широко используются в сельском хозяйстве [16]. Химикаты испытывали *in vitro* в следующих концентрациях: мочевина — 2×10^{-3}; 8×10^{-3}; 2×10^{-2}; 8×10^{-2}; 2×10^{-1}; 5×10^{-1}; 8×10^{-1}; 1,7 моль/л; хлорид калия — 1×10^{-3}; 5×10^{-3}; 1×10^{-2}; 5×10^{-2}; 1×10^{-1}; 3×10^{-1} моль/л. Морфометрические измерения проводили по шести показателям: длина и ширина вегетативных клеток, гетероцист и спор в мкм. В каждой серии эксперимента и в контроле просматривали по 50 вегетативных клеток, гетероцист, спор (по 25 из каждой повторности) с помощью светового микроскопа МИКМЕД – 1 ЛОМО (объектив×40, апертура 0,65) при помощи окуляр-микрометра 510. Просмотр проводили на 7 сутки.

Уровень изменчивости на основании коэффициента вариации оценивали по шкале А. С. Мамаева [17], согласно которой выделяли 3 уровня изменчивости, отражающей разнообразие растительных организмов: пониженный – коэффициент вариации (cv) < 15%; средний (cv = 15–25%); повышенный (cv > 25%). Для оценки степени воздействия на размерные признаки *C. michailovskoënse* использовали следующие статистические показатели: среднюю арифметическую и её ошибку, медиану, стандартное отклонение и значение коэффициента вариации. Достоверность влияния фактора оценивали с использованием коэффициента Стьюдента [18].

Результаты и обсуждение

Исследования показали, что для *C. michailovskoënse* мочевина была токсичнее хлорида калия.

Концентрации мочевины 2×10^{-1} и более моль/л приводили к гибели вегетативных клеток цианобактерии. При более низких концентрациях удобрения (2×10^{-3}–8×10^{-2} моль/л) для клеток была характерна гранулированность цитоплазмы, изогнутость и укорачивание. Гетероцисты были более чувствительны к мочевине и погибали при концентрации удобрения 8×10^{-2} моль/л. Под действием мочевины наблюдали образование тёмно-жёлтых спор с плотной оболочкой. Споры проявили наибольшую устойчивость к ней: они выдерживали концентрации 1,7 моль/л. С ростом переносимых концентраций мочевины отмечалось укорачивание длины клеток, спор и удлинение гетероцист цианобактерии, которое для большинства концентраций было достоверным (табл. 1).

Хлорид калия в концентрациях 5×10^{-2} моль/л и более приводил к гибели вегетативных клеток и гетероцист *C. michailovskoënse.* При более низких концентрациях отмечалось появление бесформенных и эллипсоидных клеток. При концентрациях хлорида калия 1×10^{-2} моль/л наблюдалось разрушение части гетероцист, которые были разбросаны и оторваны от вегетативных клеток. Споры цианобактерии выдерживали концентрации 3×10^{-1} моль/л хлорида калия. Внесение высоких, но переносимых (пермиссивных) концентраций хлорида калия вызывало удлинение вегетативных клеток *C. michailovskoënse* (табл. 2).

При увеличении концентраций хлорида калия происходили скачкообразные изменения размерных признаков гетероцист и спор. Хлорид калия приводил к увеличению изменчивости длины и уменьшению изменчивости ширины клеток

и гетероцист. Изменчивость длины и ширины спор при увеличении концентраций удобрения возрастала (кроме концентраций 5×10^{-2} и 3×10^{-1} моль/л, при которых отмечалось уменьшение изменчивости длины спор).

Таблица 1

Влияние мочевины на морфометрические показатели размерных признаков *C. michailovskoënse*

Концентрация, моль/л	X_{min}	X_{max}	$X \pm S_x$	Me	σ	cv, %	$t_{факт}$
Длина вегетативных клеток, мкм							
Контроль	3,7	6,8	6,06±0,24	5,1	1,36	22,44	-
2×10^{-3}	3,23	6,63	4,97±0,15	5,1	1,03	20,72	9,60*
8×10^{-3}	3,4	5,27	4,10±0,10	3,90	0,72	17,56	9,87*
2×10^{-2}	3,4	7,3	3,97±0,17	3,4	1,18	29,72	2,65*
8×10^{-2}	3,4	7,3	3,96±0,17	3,4	1,17	29,55	2,54*
Ширина клеток, мкм							
Контроль	3,4	5,60	4,04±0,22	3,4	0,64	15,84	-
2×10^{-3}	3,4	5,61	4,42±0,06	4,56	0,78	17,65	5,67*
8×10^{-3}	3,5	5,1	4,05±0,04	4,4	0,73	18,02	5,93*
2×10^{-2}	3,5	5,1	4,05±0,04	4,4	0,73	18,02	5,93*
8×10^{-2}	3,4	5,1	3,74±0,10	3,4	0,69	18,45	12,14*
Длина гетероцист, мкм							
Контроль	5,1	6,8	6,05±0,14	6,63	0,79	13,06	-
2×10^{-3}	5,1	8,5	6,49±0,06	6,8	0,80	12,33	0,43
8×10^{-3}	5,1	8,65	6,62±0,16	6,8	1,06	16,01	11,71*
2×10^{-2}	5,1	8,65	6,63±0,16	6,8	1,06	15,99	5,17*
Ширина гетероцист, мкм							
Контроль	5,1	7,66	6,69±0,12	6,80	0,79	11,81	-
2×10^{-3}	5,44	9,02	7,38±0,13	6,8	0,95	12,87	15,46*
8×10^{-3}	5,1	12	7,48±0,23	6,8	1,56	20,86	0,49
2×10^{-2}	3,4	3,57	3,49±0,01	3,57	0,09	2,58	0,74
Длина спор, мкм							
Контроль	10,2	20,4	15,94±0,22	20,6	3,32	20,83	-
2×10^{-3}	10,2	22,10	13,66±0,24	13,6	2,37	17,35	17,46*
8×10^{-3}	6,8	13,6	10,05±0,19	8,50	2,18	21,69	0,62
2×10^{-2}	10,4	12,07	11,33±0,11	11,9	0,65	5,74	8,24*
8×10^{-2}	10,7	12,41	11,59±0,14	11,9	0,81	6,99	9,36*
2×10^{-1}	8,50	18,0	12,83±0,22	12,4	2,38	18,55	25,64*
5×10^{-1}	10,4	12,07	11,47±0,14	11,9	0,65	5,67	8,18*
8×10^{-1}	8,50	22,10	13,56±0,28	12,4	3,06	22,57	16,14*
1,7	8,50	22,10	13,66±0,29	12,4	3,08	22,55	18,12*
Ширина спор, мкм							
Контроль	6,8	13,6	10,44±0,13	10,2	1,69	16,19	-
2×10^{-3}	6,8	13,6	11,24±0,17	11,9	1,56	13,88	42,15*
8×10^{-3}	9,86	11,05	10,58±0,07	10,54	0,40	3,78	3,17*
2×10^{-2}	6,8	13,6	10,47±0,18	10,2	1,79	17,10	40,21*
8×10^{-2}	6,8	12,3	10,47±0,16	10,2	1,46	13,94	36,47*
2×10^{-1}	6,8	11,9	10,47±0,17	10,2	2,08	19,87	36,51*
5×10^{-1}	6,8	11,9	8,99±0,16	8,5	1,86	20,69	25,64*
8×10^{-1}	6,8	13,6	10,47±0,18	10,2	1,79	17,10	40,21*
1,7	6,8	13,6	10,04±0,16	10,2	1,83	18,23	30,85*

Примечание: X_{min} - минимальное значение признака; X_{max} - максимальное значение признака; $X \pm S_x$ - средняя арифметическая и ее ошибка; Me - медиана; σ - стандартное отклонение; cv - коэффициент вариации; $t_{факт}$ - достоверность различий между опытными и контрольными вариантами по критерию Стьюдента при P=0,05; знаком * отмечены достоверные значения критерия Стьюдента при P=0,05.

Таблица 2

Влияние хлорида калия на морфометрические показатели размерных признаков *C. michailovskoënse*

Концентрация, моль/л	X_{min}	X_{max}	$X \pm S_x$	Me	σ	cv, %	$t_{факт}$
Длина вегетативных клеток, мкм							
Контроль	3,4	5,1	4,35±0,14	6,80	0,69	15,86	-
1×10^{-3}	5,1	8,5	6,82±0,15	6,8	1,25	18,33	15,40*
5×10^{-3}	4,6	8,5	5,77±0,13	5,1	0,92	15,94	6,86*
1×10^{-2}	3,4	5,62	4,51±0,14	3,8	0,80	17,74	7,74*
Ширина клеток, мкм							
Контроль	3,4	5,1	4,09±0,14	3,4	0,86	21,03	-
1×10^{-3}	3,74	5,1	3,76±0,16	5,1	1,42	37,77	16,52*
5×10^{-3}	3,7	5,27	4,97±0,16	3,4	0,82	16,50	7,89*
1×10^{-2}	3,7	5,27	4,92±0,15	3,4	0,81	16,46	7,36*
Длина гетероцист, мкм							
Контроль	5,1	6,8	6,04±0,10	6,62	0,78	12,91	-
1×10^{-3}	5,27	11,6	7,64±0,14	7,45	1,12	14,66	17,85*
5×10^{-3}	3,4	4, 5	4,36±0,09	3,4	1,34	30,73	3,39*
Ширина гетероцист, мкм							
Контроль	3,57	5,66	6,43±0,18	6,30	1,31	20,37	-
1×10^{-3}	3,4	5,27	4,36±0,13	4,76	0,69	15,83	3,14*
5×10^{-3}	3,4	5,27	4,34±0,13	4,76	0,62	14,29	2,16*
Длина спор, мкм							
Контроль	8,5	11,05	9,89±0,15	10,2	1,03	10,41	-
1×10^{-3}	10,2	13,26	12,10±0,23	12,74	1,43	11,82	1,68
5×10^{-3}	8,5	15,3	11,97±0,33	11,9	2,35	19,63	4,37*
1×10^{-2}	8,5	15,3	12,21±0,26	11,9	1,85	15,15	3,64*
5×10^{-2}	8,5	10,2	9,01±0,10	8,5	0,60	6,66	3,23*
1×10^{-1}	8,5	11,05	9,52±0,15	9,35	1,07	11,24	0,91
3×10^{-1}	11,9	13,6	12,72±0,1	12,75	0,69	5,42	6,34*
Ширина спор, мкм							
Контроль	8,5	10,2	9,01±0,09	8,5	0,62	6,88	20,32*
1×10^{-3}	5,1	15,3	9,35±0,23	10,2	2,25	24,06	15,31*
5×10^{-3}	6,8	13,6	10,49±0,18	10,2	1,59	15,15	34,32*
1×10^{-2}	6,8	12,3	10,27±0,14	10,2	1,59	15,48	36,2*
5×10^{-2}	6,8	11,9	10,45±0,16	10,2	2,03	19,43	36,3*
1×10^{-1}	6,8	11,9	8,97±0,13	8,5	1,74	19,40	3,39*
3×10^{-1}	5,1	15,3	9,65±0,22	10,2	2,24	23,21	15,00*

Примечание. Обозначения такие же, как и в таблице 1.

Таким образом, было установлено, что наименьшей устойчивостью к удобрениям обладали вегетативные клетки и гетероцисты, наиболее устойчивыми оказались споры *C. michailovskoënse.* Эти данные хорошо объясняются, исходя из морфологии клеток, гетероцист и спор цианобактерий [13]. Исследованные удобрения оказывали воздействие на морфологические признаки цианобактерии, однако характер этих изменений зависел от удобрения. Так, если мочевина вызывала уменьшение клеток *C. michailovskoënse,* то хлорид калия, наоборот, приводил к удлинению клеток.

Выводы

1. Установлено, что мочевина *in vitro* более эффективно, чем хлорид калия, влияет на морфологию клеток *C. michailovskoënse.*

2. При воздействиии мочевины гибель вегетативных клеток цианобактерии наступает при концентрации 2×10^{-1}моль/л, гетероцист — при 8×10^{-2}моль/л. Споры проявляют наибольшую устойчивость к ней, т.к. выдерживают концентрации до 1,7 моль/л.

3. При воздействии хлорида калия гибель вегетативных клеток и гетероцист *C. michailovskoënse* наступает при концентрации 5×10^{-2} моль/л. При концентрациях хлорида калия 1×10^{-2} моль/л наблюдалось разрушение части гетероцист. Споры цианобактерии выдерживали концентрацию 3×10^{-1} моль/л хлорида калия.

4. Изменение концентрации вносимых удобрений приводит к изменению линейных размеров вегетативных клеток, гетероцист, спор (с ростом концентрации мочевины отмечалось уменьшение длины клеток, спор и удлинение гетероцист, при внесении хлорида калия — удлинение вегетативных клеток, гетероцист и спор).

6. Чувствительность *C. michailovskoënse* к удобрениям открывает возможность её использования в биомониторинге окружающей среды, так как изменение морфологии цианобактерии или гибели ее представителей позволяет судить о степени загрязнения почвы.

Литература

1. *Голлербах М. М., Штина Э. А.* Почвенные водоросли. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
2. *Гайсина Л. А.* Биология и экология *Xanthonema exile* (Klebs) *Silva (Xanthophyceae, Chrysophyta)*. Автореф. дис... канд. биол. наук. – Уфа, 2000. – 17 с.
3. *Гордеев М. М., Левкина Л. М.* О влиянии минеральных удобрений на альгофлору верхового болота // Биогеохимические аспекты криптоиндикации / Тез. докл. Таллин, 1982. – С. 23- 24.
4. *Дорогостайская Е. В., Новичкова-Иванова Л. Н.* Об изменении альгофлоры тундровых почв в результате их освоения // Бот. журнал. – 1967. – Т. 52, № 4. – С. 461- 468.
5. *Кабиров Р. Р.* Альготест как быстрый способ оценки влияния на сообщество почвенных водорослей некоторых химических препаратов и удобрений при их совместном использовании // Экологические проблемы агропромышленного комплекса Башкирской АССР / Тез. докл. республиканской научно-практической конференции. – Уфа, 1989. – С. 66- 69.
6. *Некрасова К. А., Бусыгина Е. А.* Неравномерность пространственного распределения водорослей в почве // Почвоведение. – 1979. – № 10. – С. 83- 91.
7. *Балезина Л. С.* Влияние минеральных удобрений на развитие водорослей в дерново-подзолистой почве // Микробиология. – 1975. – Т. 44, № 2. – С. 341- 350.
8. *Голлербах М. М.* К вопросу о составе и распространении водорослей в почвах // Тр. БИН АН СССР. 1936. Сер.2. Споров. раст. – Вып. 3. – С. 99- 302.
9. *Bristol-Roach B. M.* On the algae of some normal English soils // J. Agr. Sci. – 1927. – Vol. 17. – P. 563- 588.
10. *Gistl R.* Zur kenntnis der erdalgen // Arch. Microbiol. – 1932. – N 3. – P. 634- 649.
11. *Lund J. W. G.* Observation on soil algae. II. Notes on group other than diatoms // New Phytol. – 1947. – Vol. 46, N 1. – P. 35- 60.
12. *Rebel C.* Beitrage zur Biologie der Bodenalgen. Diss. München. – 1959. – 27 s.
13. *Вассер С. П., Кондратьева, Н. В., Масюк Н. П.* и др. Водоросли. Справочник. – К.: Наук. думка, 1989. – 608 с.
14. *Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И.* Определитель синезеленых водорослей. – М., 1953. – 653 с.
15. *Водорості* грунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков, П. О. Романенко, Е. М. Демченко, Т. М. Дариєнко, Т. І. Михайлюк, О. В. Рибчиский, А. М. Солоненко. – К.: Фитосоціоцентр, 2001. – 300 с.
16. *Безуглова О. С.* Удобрения и стимуляторы роста. Серия «Подворье». – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.

17. *Мамаев С. А.* О закономерностях колебания амплитуды внутривидовой изменчивости количественных признаков в популяциях высших растений // Журн. общей биологии. – 1968. – Т. 29, № 4. – С. 44– 45.
18. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

Л. Х. Абузарова, Л. А. Гайсіна, Л. М. Сафіулліна, Г. Р. Бакіева

Башкирський державний педагогічний університет ім. М. Акмулли,
кафедра ботаніки, біоекології та ландшафтного проектування
м. Уфа, 450000, вул. Жовтневої революції, 3а, Республіка Башкортостан

ЗМІНИ МОРФОЛОГІЇ *CYLINDROSPERMUM MICHAILOVSKOËNSE* (*CYANOPROKARYOTA*) ЗА ДІЇ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Резюме

Досліджено вплив сечовини та хлориду калію на морфологічні ознаки вегетативних клітин, гетероцист та спор ціанобактерії *Cylindrospermum michailovskoënse* (*Cyanoprokaryota*). Сечовину використовували у концентраціях 2×10^{-3}; 8×10^{-3}; 2×10^{-2}; 8×10^{-2}; 2×10^{-1}; 5×10^{-1}; 8×10^{-1}; 1,7 моль/л; хлорид калію – 1×10^{-3}; 5×10^{-3}; 1×10^{-2}; 5×10^{-2}; 1×10^{-1}; 3×10^{-1} моль/л. Показано, що для *C. michailovskoënse* мочевина була більш токсичною, ніж хлорид калію. Найменша чутливість до добрив була властива вегетативним клітинам, найбільша – гетероцистам, спори *C. michailovskoënse* стійкі. Чутливість ціанобактерії до добрив відкриває можливості її використання у біомоніторингу навколишнього середовища.

Ключові слова: ціанобактерії, *Cylindrospermum michailovskolnse*, морфологічні ознаки, клітини, спори, гетероцисти.

L. H. Abuzarova, L. A. Gaisina, L. M. Safiullina, G. R. Bakieva

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla,
Department of botanics, bioecology and landscape design,
Oktyabrskoy revolutzii St. 3A, Ufa, Bashkortostan Republic, 450000

CHANGE OF *CYLINDROSPERMUM MICHAILOVSKOËNSE* (*CYANOPROKARYOTA*) MORPHOLOGY UNDER APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

Summary

The effect of urea and potassium chloride on vegetative cells, heterocyst and spore morphological characteristics of cyanobacteria *Cylindrospermum michailovskoënse* (*Cyanoprokaryota*) was studied. Urea was applied at the concentrations of 2×10^{-3}; 8×10^{-3}; 2×10^{-2}; 8×10^{-2}; 2×10^{-1}; 5×10^{-1}; 8×10^{-1}; 1,7 M/l; potassium chloride was applied at the concentration of 1×10^{-3}; 5×10^{-3}; 1×10^{-2}; 5×10^{-2}; 1×10^{-1}; 3×10^{-1} M/l. We found that urea was much toxic than potassium chloride. Also we found that vegetative cells response to fertilizers was minimal, while heterocysts response to fertilizers was maximal, and response of spores was stable. Quick response of cyanobacteria to fertilizers may be used for environment biomonitoring.

Keywords: cyanobacteria, *Cylindrospermum michailovskoënse*, morphological features, vegetative cells, heterocyst, spore.

УДК 581.9(477.74)

О. Ю. Бондаренко, біолог, **Т. В. Васильєва**, канд. біол. наук, доц.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
біологічний факультет,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ НА СТАН РАРИТЕТНИХ ВИДІВ У МЕЖИРІЧЧІ ДНІСТЕР – ТИЛІГУЛ

На території межиріччя Дністер - Тилігул знайдено 57 раритетних видів, 38 з яких охороняються на місцевому рівні і 19, що охороняються на державному, європейському та світовому рівні. Виділено основні напрямки антропогенної дії на природну флору: трансформація ділянок корінної степової рослинності в аграрні угіддя, безсистемний випас худоби, неконтрольовані пали, рекреаційне навантаження. Відмічено раритетні види, які зростають на трансформованих ділянках.
Ключові слова: межиріччя Дністер - Тилігул, раритетні види, трансформація флори, антропогенне навантаження.

Вступ

Вивчення раритетних видів окремих територій залишається приоритетним напрямком сучасної ботаніки. Особливого значення ця проблема набуває при визначенні ступеня антропогенного навантаження на флору окремої території або при встановленні необхідності охорони ділянок природної флори.

Метою роботи став аналіз антропогенного впливу на раритетні види, які зростають у пониззі межиріччя Дністер – Тилігул в межах Одеського геоботанічного округу [1].

Матеріали і методи

Дослідження проводили протягом вегетаційних періодів 1998–2005 років з використанням екскурсійно – маршрутного методу. В процесі роботи виявляли і фіксували місця зростання видів, які охороняються на місцевому, державному, європейському та світовому рівнях [2, 3, 4, 5]. Визначення видів проводили за допомогою визначників і флор [3, 6]. Назви таксонів уточнені за Mosyakin & Fedoronchuk [7]. Географічні та адміністративні назви наведено у відповідності до топографічної карти [8].

Одержані результати та їх обговорення

На дослідженій території знайдені рідкісні види, які охороняються на місцевому, державному, європейському та світовому рівні. Список видів наведено у табл. 1.

Так, 15 видів занесено до Червоної книги України (ЧКУ), з них – три види мають третю категорію охорони – рідкісні (ЧКУ, 3), дев'ять видів – другу категорію охорони – уразливі (ЧКУ, 2). Лише два види мають першу категорію охорони, оскільки знаходяться під загрозою зникнення (ЧКУ, 1). Крім того, знайдено три види, які внесені у Червоний список зникаючих рослин світу (СЧС). З них – два види відмі-

© О. Ю. Бондаренко, Т. В. Васильєва, 2008

чені категорією охорони (СЧС, I) – їх стан не з'ясовано і один вид є рідкісним (СЧС, R). Серед знайдених видів з Європейського Червоного списку категорію охорони (ЄЧС, I) мають чотири види; їх стан не з'ясовано. Ще один вид є рідкісним (ЄЧС, R). Деякі види одночасно знаходяться в різних списках, наприклад – *Astragalus dasyanthus* (ЧКУ, 2; СЧС, R; ЄЧС, I), *Gymnospermium odessanum* (ЧКУ, 2; СЧС, I). Знайдено 38 видів, які охороняються на місцевому рівні, вони внесені до списку рідкісних та зникаючих рослин Одеської області (СРОО). Серед них 12 видів – рідкісні, тому мають другу категорію охорони (СРОО, 2). Рослини, кількість яких скорочується, відносяться до третьої категорії – їх 26 видів (СРОО, 3).

Таблиця 1

Раритетні види пониззя межиріччя Дністер – Тилігул

Раритетні види дослідженого межиріччя	Категорія охорони				
	СЧС	ЄЧС	ЧКУ	СРОО	ЧСОО*
Adonis vernalis L.				3	
A. wolgensis Stev.				3	
Amygdalus nana L.				3	
Anemone sylvestris L.				3	
Astragalus dasyanthus Pall.	R	I	2		
A. excapus L.				2	
A. odessanus Besser					+
Astrodaucus littoralis (M.Bieb.) Drude			4		
Batrachium rionii (Lagger) Nyman				2	
Bellevalia sarmatica (Pall. ex Georgi) Woronow				2	
Buffonia tenuifolia L.				2	
Campanula glomerata L.s.G.				3	
C. persicifolia L.				3	
Centaurea marschalliana Spreng.					+
Clematis integrifolia L.				3	
Convallaria majalis L.				3	
Corydalis solida (L.) Clairv.				3	
Crambe pontica Steven ex Rupr.				2	
Crataegus popovii Chrshan.				2	
Crocus reticulates Stev. ex Adam			2		
Ephedra distachya L.				3	
Eremogone cephalotes (M.Bieb.) Fenzl.	I		2		
Eryngium maritimum L.				3	
Gymnospermium odessanum (DC.) Takht.	I		2		
Gypsophila collina Steven ex Ser.					+
Helichrysum arenarium (L.) Moench.				3	
Hyacinthella leucophaea (K.Koch) Schur.				3	
Iris halophila Pall.				3	
I. pumila L.				3	

Закінчення таблиці 1

Раритетні види дослідженого межиріччя	Категорія охорони				
	СЧС	ЄЧС	ЧКУ	СРОО	ЧСОО*
Kohlrauschia prolifera (L.) Kunth.				3	
Leopoldia tenuiflora (Tausch) Heldr.				3	
Linum linearifolium (Lindem.) Jav.				2	
Minuartia hypanica Klokov				2	
Muscari neglectum Guss. ex Ten.					+
Nuphar lutea (L.) Smith				3	
Nymphaea alba L.				3	
Nymphoides peltata (S.G.Gmel.) O.Kuntze			2		
Ornithogalum bouscheanum (Kunth.) Asch.			3		
O. kochii Parl.				3	
Paronychia cephalotes (Bieb.) Bess.				3	
Phlomis hybrida Zelen.		I			
Polygala moldavica Kotov				2	
Prunus moldavica Kotov				2	
Pulsatilla pratensis (L.) Mill.			2		
Rhaponticum serratuloides (Georgi) Bobr.				2	
Rosa diacantha Chrshan.				2	
Rumex palustris Smith				2	
Rumex ucrainicus Fisch. ex Spreng.		R			
Salvinia natans (L.) All.			2		
Scilla bifolia L.				3	
Spiraea crenata L.				3	
Stipa capillata L.			3		
S. lessingiana Trin. et Rupr.			2		
S. majalis Klokov			1		
S. ucrainica P. Smirn.			2		
Tragopogon borysthenicus Artemcz.		I			
Trapa natans L.			2		
Tulipa hypanica Klokov et Zoz.			3		
Urtica kioviensis Rogow.		I			
Valeriana stolonifera Scern.				3	
Vitis vinifera L.				3	
Загальна кількість	**3**	**5**	**15**	**38**	**4**

Умовні позначення: СЧС – Світовий Червоний список [5], ЄЧС – Європейський червоний список [2], ЧКУ – Червона книга України [4], СРОО – список рідкісних і зникаючих рослин Одеської області, ЧСОО* – перспективні для охорони в Одеській області [9].

Таким чином, в межах дослідженого межиріччя виявлено 57 видів, які охороняються на державному та місцевому рівнях. Ці види відносяться до 48 родів та 27 родин. Їх систематична характеристика представлена в табл. 2.

Таблиця 2

Систематичний спектр видів пониззя межиріччя Дністер – Тилігул

Відділ і клас	Загальна кількість					
	Абсолютне число			Відсоткова частка		
	родин	родів	видів	родин	родів	видів
Magnoliophyta	25	46	55	92,59	95,83	96,49
Liliopsida	5	10	15	18,52	20,83	26,32
Magnoliopsida	20	36	40	74,07	75,00	70,18
Pinophyta	1	1	1	3,70	2,08	1,75
Gnetopsida	1	1	1	3,70	2,08	1,75
Polypodiophyta	1	1	1	3,70	2,08	1,75
Polypodiopsida	1	1	1	3,70	2,08	1,75
Загалом	**27**	**48**	**57**	**100,00**	**100,00**	**100,00**

Більшість раритетних видів належать до *Magnoliophyta* (96,5%), з них — *Liliopsida* — 26,3%. Співвідношення однодольних до дводольних – низьке і становить лише 1 : 3,7. Виявлено по одному виду з відділів *Pinophyta* і *Polypodiophyta*. Крім того, нами знайдено чотири види, перспективних для охорони в Одеській області [9]. Розподіл знайдених раритетних видів за родинами наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Спектр родин раритетних видів та їх роль у дослідженій флорі межиріччя

Родини	Кількість					
	у флорі межиріччя		раритетних		відносно флори межиріччя	
	родів	видів	родів	видів	родів	видів
	Абс. число		Абс. число		Абс. число	
Apiaceae	18	25	2	2	11,11	8,00
Asteraceae	53	123	3	3	5,66	2,44
Berberidaceae	2	2	1	1	50,00	50,00
Brassicaceae	32	53	1	1	3,13	1,89
Campanulaceae	1	5	1	2	100,00	40,00
Caryophyllaceae	23	34	5	5	21,74	14,71
Convallariaceae	2	2	1	1	50,00	50,00
Ephedraceae	1	1	1	1	100,00	100,00
Fabaceae	19	51	1	2	5,26	3,92
Fumariaceae	2	3	1	1	50,00	33,33
Hyacinthaceae	6	7	5	6	83,33	85,71

Закінчення таблиці 3

Родини	Кількість					
	у флорі межиріччя		раритетних		відносно флори межиріччя	
	родів	видів	родів	видів	родів	видів
	Абс. число		Абс. число		Абс. число	
Iridaceae	2	5	2	3	100,00	60,00
Lamiaceae	19	40	1	1	5,26	2,50
Liliaceae	2	4	1	1	50,00	25,00
Linaceae	1	4	1	1	100,00	25,00
Menyanthaceae	1	1	1	1	100,00	100,00
Nymphaeaceae	2	2	2	2	100,00	100,00
Poaceae	40	72	1	4	2,50	5,56
Polygalaceae	1	2	1	1	100,00	50,00
Polygonaceae	5	15	1	2	20,00	13,33
Ranunculaceae	12	19	5	6	41,67	31,58
Rosaceae	19	44	5	5	26,32	11,36
Salviniaceae	1	1	1	1	100,00	100,00
Trapaceae	1	2	1	1	100,00	50,00
Urticaceae	1	3	1	1	100,00	33,33
Valerianaceae	2	5	1	1	50,00	20,00
Vitaceae	2	2	1	1	50,00	50,00
Загальна кількість	**423**	**845**	**48**	**57**	**11,35**	**6,75**

Раритетні види складають лише 6,8% видів, 12,4% родів та 25,7% родин флори межиріччя. 10 родин (*Iridaceae*, *Polygalaceae* та ін.) включають по 100,0% раритетних родів флори межиріччя і лише чотири родини (*Ephedraceae*, *Nympaeaceae*) – всі види. Родина *Salviniaceae* одночасно презентує 100,0% видів і родів, які є раритетними для флори України. Великі родини флори межиріччя і природної флори України представляють відповідно меншу частку раритетних видів, наприклад, *Apiaceae* (11,1% родів і 8,0% видів), *Brassicaceae* (відповідно 3,1% і 1,9%) та ін.

Проблема перетворення природних ділянок корінного степу в аграрні угіддя особливо гостро постала у XIX – XX ст. Демутаційні процеси на цих трансформованих екотопах проходять повільно, однак на покинутих ділянках сільськогосподарського призначення нами виявлено два види, які охороняються на державному рівні: *Stipa lessingiana* та *S. capillata*.

Для попередження оповзнів у 60-ті роки на прилиманних степових схилах створювалися деревно-чагарникові насадження, де в умовах помірного затінення кронами дерев зростають рідкісні види: *Adonis vernalis*, *Ephedra distachya*, *Hyacinthella leucophaea*, *Pulsatilla pratensis*.

Одним із факторів зміни природних ділянок є випас. Пасовища піддаються сезонним навантаженням, які виражаються в ущільненні ґрунтового покриву,

механічному ушкодженні рослин і вилученні надземної маси [10]. В залежності від ступеня пасквального навантаження корінні ценози можуть бути представлені в широкому діапазоні: від крайніх збоїв до порівняно мало порушених асоціацій [11, 12]. На основі складених геоботанічних описів на пасовищних ділянках нами зроблено висновок, що при сильному випасі (проективне покриття рослинного покриву — до 30%) можливе зростання поодиноких, пригнічених екземплярів *Helichrysum arenarium*, *Hyacinthella leucophaea.* При зменшенні пасовищного навантаження (проективне покриття — 50%), додатково можуть зростати: *Adonis wolgensis*, *Bufonia tenuifolia*, *Crocus reticulatus*, *Ephedra distachya* та ін. Помірний випас (проективне покриття — 80% і більше) створювало умови для зростання: *Bellevalia sarmatica*, *Gymnospermium odessanum*, *Polygala moldavica* , зрідка — *Stipa capillata*.

На природних степових ділянках поблизу пасовищ, де вплив антропогенного фактора виключався, окрім зазначених вище видів, виявлені також: *Anemone sylvestris*, *Clematis integrifolia*, *Eremogone cephalotes*, *Leopoldia tenuiflora*, *Stipa majalis*, *S. ucrainica*, *Tulipa hypanica*. У ксерофітних умовах верхівок степових схилів, непридатних для випасу худоби, знайдені: *Minuartia hypanica*, *Paronychia cephalotes*. У мезофітних умовах балок, де також виключено пасквальне навантаження, виявлено *Ornithogalum bouscheanum*.

Випас впливає на прибережні ділянки водойм: вони заболочуються, змінюється їх водно-сольовий баланс та інш. [13]. Так, в межах Дністровських плавнів на ділянках, не порушених випасом великої рогатої худоби, знайдено *Rhaponticum serratuloides*. В протилежність цьому на випасних ділянках зазначений вид не виявлявся.

Слід підкреслити вплив випасу на раритетну дендрофлору регіону [14], зокрема види: *Crataegus popovii*, *Rosa diacantha*, *Amygdalus nana*. Підтверджується думка інших дослідників [15], що пошкодження випасом цілісності чагарникових та деревних насаджень, в тому числі і рідкісних ценозів з домінуванням вище вказаних чагарників, сприяє проникненню в них синантропних, часто інвазійних видів.

Велике значення для формування сучасного природного степового рослинного покриву мають безконтрольні пали антропогенного походження, які трапляються здебільшого навесні або в липні – серпні. За таких умов особливо страждають чагарники, у тому числі і рідкісні [16]. Однак, незабаром після весняних палів, на степових схилах спостерігається вегетація і генерація пошкоджених трав'янистих рослин: *Adonis vernalis*, *Hyacinthella leucophaea*, *Iris pumila*.

На природний покрив степових ділянок впливає і рекреація. На місцях, які систематично використовуються для відпочинку, зрідка і лише поодиноко зростають *Iris pumila*, *Hyacinthella leucophaea*.

Викошування трави на природних ділянках, як правило, не торкається рідкісних видів, оскільки більшість з них — ефемероїди. У той час, коли проходить сінокосіння, ці види вже закінчують свою вегетацію. У місцях випадкових сінокосів нами виявлено види *Iris halophila*, *Phlomis hybrida*. Помірний випас часто сприяє повторній вегетації та генерації таких видів, як *Campanula glomerata*, *C. persicifolia*, *Linum linearifolium*.

Серед видів, які охороняються, за умови відсутності антропогенного навантаження, нами виявляються *Trapa natans*, *Salvinia natans*, *Nymphaea alba*. За помірного впливу людини в акваторії Карагольської затоки Дністровського лиману виявляли вид *Nymphaea alba*. Однак, у штучних ставках для розведення риби в пониззі р. Дністер (біля с. Маяки) зареєстровано рідкісний вид *Nymphoides peltata* [17, 18].

Докорінній зміні окремих природних ландшафтів у регіоні сприяло і будівництво портів. Ще у минулому сторіччі внаслідок такого будівництва були суттєво порушені ділянки з природною рослинністю у гирлах Дністровського і Малого Аджаликського лиманів, повністю знищені пересипи Сухого і Аджаликського лиманів, де на початку минулого сторіччя зростали рідкісні види (збори зберігаються у фондах гербарію ОНУ імені І. І. Мечникова — MSUD).

Розширення міжрегіональних зв'язків внаслідок розвитку автомобільного, залізничного та водного транспортів також сприяло синантропізації флори регіону, а присутність тут одного з найбільших портів України – Одеського – полегшило проникнення в регіон нових адвентивних видів. Успішна вегетація рідкісних видів *Astragalus exscapus*, *Crocus reticulatus* спостерігалася у безпосередній близькості до польових доріг та в окремих випадках – в межах колій доріг періодичного використання. Крім того, в околицях Сухого лиману недалеко від залізничної колії відмічено зростання *Stipa lessingiana*. У верхів'ях Аджаликського лиману, поблизу автодороги державного значення Одеса – Миколаїв, на місцях з ознаками нетривалої рекреації зрідка виявляли представників виду *Valeriana stolonifera*.

На даному етапі розвитку регіону суттєвим фактором зміни залишків природних ділянок є масова забудова морського узбережжя висотними будинками, а схилів одеських лиманів – дачними будівлями. Таке перетворення призводить до повного знищення природного покриву. Прикладом може бути дачна забудова у приморській смузі (околиці смт. Затока Дністровський лиман та ін.) і на схилах лиманів (смт. Нові Беляри, Малий Аджаликський лиман та ін.). Проте при незначному ушкодженні ґрунтового покриву - здатність до подальшого росту і відновлення популяції зберігають *Hyacinthella leucophaea*, рідше — *Ephedra distachya*; інших видів, які охороняються, на таких ділянках не виявлено. Крім того, на узбережжі Чорного моря на пересипі Дністровського лиману (смт. Затока), знайдені екземпляри *Eryngium maritimum*, які на піщаному ґрунті узбережжя проросли крізь отвори у бетонних блоках.

Резерватом багатьох раритетних видів є присадибні ділянки. Так, за нашими спостереженнями, на цих повністю трансформованих ділянках зростають привнесені дикорослі види: *Bellevalia sarmatica*, *Convallaria majalis*, *Corydalis solida*, *Hyacinthella leucophaea*, *Iris pumila*, *Ornithogalum kochii*, *Scilla bifolia* [18]. Останні п'ять успішно вегетують протягом двох–шести років, переважна більшість рослин плодоносить.

Таким чином, на сучасному етапі розвитку флори, коли неможливо повністю виключити тиск на неї антропогенного чинника, помірний вплив людини можна вважати цілком сприйнятливим для такої уразливої категорії, як раритетні види.

Висновки

На території межиріччя Дністер – Тилігул у межах Одеської області зростають 57 видів рідкісних рослин, які охороняються на місцевому та державному рівнях. 24 з них зберігають свій статус на помірно трансформованих природних ділянках.

Основними напрямками антропогенної трансформації території регіону є: перетворення природних ділянок корінної степової рослинності в аграрні угіддя; створення фітомеліоративних деревно-чагарникових насаджень на степових

ділянках; безсистемний випас худоби; безконтрольні пали; рекреаційне навантаження; сінокосіння; будівництво та інше.

За результатами нашого дослідження найбільш стійкими до антропогенного чинника є види: *Adonis vernalis, Convallaria majalis, Hyacinthella leucophaea*, *Iris pumila*.

Література

1. *Дідух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю. Р.* Геоботанічне районування України та суміжних територій // Укр. ботан. журн. - 2003. - Т. 60, № 1. - С. 6- 17.
2. *Европейский* красный список животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения во всемирном масштабе. - Нью-Йорк, ООН, 1992. - 167 с.
3. *Определитель* высших растений Украины. - К.: Наук. думка, 1987. - 548 с.
4. *Червона* книга України. Рослинний світ. - К.: Наук. думка, 1996. - 608 с.
5. *Walter, K. S., H. J.* Gillett: 1997 IUCN Red list of Threatenad Plants. Compiled by the World Concervation Monitoring Centre IUCN - The World Concervation Union, Gland, Switzerlend and Cambridge, UK, 1998. ixiv + 862 p.
6. *Флора* УРСР. Т. 1- 12. - К.: Изд-во АН УРСР, 1936- 1965.
7. *Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M.* Vascular Plants of Ukraine. A nomenclature Checklist. - Kiev, 1999. - 345 p.
8. *Топографическая* карта. Украина. Одесская обл. Изд-во Аспект, 1992.
9. *Решение* областного Совета от 21.04.2000 г., № 180-XXIII.
10. *Бурда Р. И.* Антропогенная трансформация флоры. - К.: Наук. думка, 1991. - 168 с.
11. *Костильов О. В.* Степові ділянки Правобережного Причорномор'я, що заслуговують на охорону // Укр. ботан. журн. - 1983. - Т. 40, № 1. - С. 93- 97.
12. *Костильов О. В.* Прогноз змін степової рослинності під впливом каналу Дунай - Дніпро // Укр. ботан. журн. - 1983. - Т. 40, № 4. - С. 65- 70.
13. *Дубина Д. В., Шеляг-Сосонко Ю. Р.* Тенденції антропогенніх змін плавнево-літоральних фітосистем р. Молочної // Укр. ботан. журн. - 1996. - Т. 53, № 1/2. - С. 31- 37.
14. *Бондаренко О. Ю.* Деякі відомості щодо деревно-чагарникових видів межиріччя Дністер - Тилігул в межах Одеського геоботанічного округу // Актуальні проблеми ботаніки, екології та біотехнології. Матеріали міжнародної конференції молодих учених-ботаніків (27- 30 вересня, 2006 р., м. Київ). - К.: Фітосоціоцентр, 2006. - 209 с.
15. *Исаченко Т. И.* Травяной покров в лесных посадках Каменной Степи // Труды ботан. ин-та им. Комарова АН СССР. - М.; Л.: Изд-во АН СССР. Сер. 3. - 1954. - С. 333- 397.
16. *Родин Л. Е.* Пирогенный фактор и растительность аридной зоны // Бот. журн. - 1981. - Т. 66, № 12. - С. 1674- 1683.
17. *Бондаренко Е. Ю., Попова Е. Н.* Флора заповедного и населённого участков Нижнего Днестра // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология». - 2001. - Т. 14, № 1. - С. 27- 31.
18. *Бондаренко О. Ю., Попова О. М.* Флористична цінність Карагольських плавнів (пониззя Дністра) // Збірка тез доповідей учасників IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Екологія. Людина. Суспільство" (14- 16 травня 2000 р., м. Київ). - Київ: НТУУ "КПІ", 2001. - С. 17- 18.

Е. Ю. Бондаренко, Т. В. Васильева
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕРРИТОРИИ НА СОСТОЯНИЕ РАРИТЕТНЫХ ВИДОВ МЕЖДУРЕЧЬЯ ДНЕСТР – ТИЛИГУЛ

Резюме
На территории междуречья Днестр - Тилигул в Одесском геоботаническом регионе обнаружено 57 раритетных видов. 38 из них охраняются на местном уровне и 19 видов — на государственном, европейском и мировом уровне. Выделены основные направления антропогенного действия на естественную флору: трансформация участков коренной степной растительности в аграрные угодья, бессистемный выпас скота, неконтролируемые палы, рекреационная нагрузка. Отмечены раритетные виды, которые растут на трансформированных участках.

Ключевые слова: междуречье, Днестр - Тилигул, раритетные виды, трансформация флоры, антропогенная нагрузка.

O. Yu. Bondarenko, T. V. Vasylyeva
Odessa National I. I. Mechnikov University, Department of Botany
Dvoryanskaya Str., 2, Odessa, 65082, Ukraine

INFLUENSE OF ANTROPOGENIC TERRITORY TRANSFORMATION TO THE RARE SPECIES BETVEEN RIVERS THE DNIESTR & THE THILIGUL

Summary
57 rare species were found at the limits of the Odessa geobotanical district. 38 species from this list are guarded at local level and 19 kinds of species are guarded at state, europian and world level. Some mane aspects of human influence on flora were underlined: fragmernts historical step flora transformation to the agriculture areas, uncontroled pasture, recriative pressing. Rare species sprouting on the fully transformed areas were fixed.

Keywords: country the Dniestr between - the Tiligul, rare species, flora transformation, human influence.

УДК 574.5(477.42)

В. П. Герасим'юк, канд. біол. наук, доц.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра ботаніки,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

МІКРОФІТОБЕНТОС ВОДОЙМ БАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІСТРА

Досліджено видовий склад водоростей бентосу водойм басейну нижнього Дністра. На протязі 2000- 2006 рр. знайдено 185 видів, які належать до 76 родів, 49 родин, 26 порядків, 10 класів і 6 відділів. З них 34 види для альгофлори водойм нижнього Дністра наведені вперше.
Ключові слова: мікрофітобентос, водорості, вид, ріка Дністер.

Водорості мікрофітобентосу мають важливе значення у формуванні органічної речовини, яка є їжою для багатьох гідробіонтів, а також у створенні атмосфери, мулових відкладень та запасів нафти. Вони є добрими індикаторами екологічного стану природного середовища.

Проте, незважаючи на важливе значення водоростей, вони ще недостатньо вивчені в багатьох водоймах Північно-Західного Причорномор'я, а саме в річці Дністер — районі нашого дослідження.

Загальна довжина ріки Дністер сягає 1362 км. З'ясовано, що її довжина в межах нашої країни складає 705 км, а площа її басейну дорівнює 72,1 тис. кв. км. Свій початок річка бере в Львівській області на висоті 760 м над рівнем моря поблизу селища Середа. Дністер має 386 притоків. Містом впадіння Дністра є Дністровський лиман (Овідієво озеро), який у свою чергу через Царградське гирло з'єднується з Чорним морем [1].

Перші відомості про водорості Дністра наведені в роботі Н. К. Срединського [2], в якій описано 32 види діатомових водоростей, характерних для цієї водойми. Пізніше список водоростей Дністра збільшився до 114 видів діатомей [3]. Подальші дослідження Дністровського лиману належать І. І. Погребняку і Н. М. Бережній [4; 5]. Список, складений ними, досяг 160 видів синьозелених, діатомових та зелених водоростей. А. І. Іванов [6], аналізуючи свої багатолітні спостереження за фітопланктоном Дністровського лиману, наводить перелік водоростей, який складається з 235 видів. В атласі М. О. Гуслякова, О. А. Закордонця, В. П. Герасим'юка [7] йдеться про 106 видів діатомових водоростей Дністровського лиману. В роботі Л. В. Скорик [8] наводиться 207 видів водоростей, які характерні для річки Дністер. Вивчаючи річку Каменку, яка впадає в ріку Дністер і розташована в Вінницькій області, В. П. Герасим'юк, Н. А. Кириленко, Т. М. Бабіна [9] знайшли в ній 61 вид діатомей. Таким чином, літературні джерела, присвячені вивченню водоростей ріки Дністра та багаточисельних створених ним водойм (притоки, озера, лиман), є фрагментарними, неповними і не дають загального уявлення про альгофлору ріки Дністер.

Метою роботи було вивчення біологічної різноманітності водоростей водойм басейну нижнього Дністра.

 © В. П. Герасим'юк, 2008

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом для досліджень були проби, зібрані з квітня 2000 р. до листопада 2006 р. на 28 станціях водойм басейну нижнього Дністра, а саме: Кучурганського водосховища, озер Біле і Писарське, ріки Дністер, водно- болотних угідь та Дністровського лиману. Проби збирали на наступних субстратах: макрофітах (*Cladophora glomerata* (L.) Kütz., *Ceratophyllum demersum* L., *Enteromorpha sp.*, *Phragmites australis* (Cav.)Trin. ex Steud., *Potamogeton pectinatus* L., *P. perfoliatus* L., *Spirogyra sp.*, *Trapa natans* L., *Typha angustifolia* L., *Urticularia vulgaris* L.), в обростаннях каміння, на штучних субстратах, на мулистих і піщаних грунтах. Усього було зібрано і оброблено 232 проби. Проби збирали і обробляли за європейськими методиками [10; 11] згідно ВРД (Водної рамочної Директиви ЄР).

Матеріал досліджували спочатку в живому стані на тимчасових, а потім і постійних препаратах за допомогою світлових мікроскопів XSP-104 (Росія), PZO (Польща). Для виготовлення постійних препаратів застосовували їх обробку пергідролем і занурення у середовище (смолу) Naphrax. Усього було виготовлено і досліджено 124 постійні препарати. В кожному препараті визначали види діатомей згідно серії європейських визначників [12; 13]. Потім в кожному постійному препараті підраховували 200 стулок діатомових водоростей.

Результати досліджень

В результаті досліджень виявлено 185 видів, які належать до 76 родів, 49 родин, 26 порядків, 10 класів і 6 відділів (табл. 1).

Таблиця 1

Види водоростей, виявлені у водоймах басейну нижнього Дністра

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
Cyanophyta						
Chroococcophyceae						
Chroococcales						
Merismopedia (Meyen)Elenk.						
1. *M. elegans* A. Br.						+
2. *M. glauca* (Ehr.)Nag.	+				+	+
3. *M. tenuissima* Lemm.						+
Microcystis (Kütz.) Elenk.						
4.*M. aeruginosae* Kütz.emend Elenk.		+			+	+
Hormogoniophyceae						
Oscillatoriales						
Lyngbya Ag. ex Gom.						
*5. *L. aestuarii* (Mert.) Liebm.			+			
6. *L. confervoides* Ag.						+
*7. *L. major* Menegh.			+			
*8. *L. majuscula* (Dillw.) Harvey		+				
Oscillatoria Vauch.						

Продовження таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
9. *O. amphibia* Ag.		+		+		
10. *O. brevis* (Kütz.) Gom.						+
*11. *O. chalybea* (Mert.)Gom.				+	+	
12. *O. limosa* Ag.					+	
13. *O. nigro- viridis* Thw.						+
14. *O. ornata* (Kütz.)Gom.		+				
*15. *O. quadripunctulata* Bruehl.						+
16. *O. tenuis* Ag.				+		
Phormidium Kütz.						
*17. *P. ambiguum* Gom.		+				
*18. *P. foveolarum* (Mont.) Gom.						+
*19. *P. inundatum* Kütz.						+
Spirulina Turp. ex Gom.						
*20. *S. laxa* G.Sm.		+				
21. *S. major* Kütz.		+	+	+	+	+
22. *S. meneghiniana* Zanard.					+	
Nostocales						
Anabaena Bory ex Born. et Flax.						
23. *A. constricta* (Szaf.)Geitl.		+			+	+
24. *A. flos- aquae* (Lyngb.) Breb.						+
25. *A. spiroides* Kleb.						+
Nostoc Vauch. ex Born. et Flax.						
26. *Nostoc sp.*						+
Euglenophyta						
Euglenophyceae						
Euglenales						
Euglena Ehr.						
*27. *E. deses* Ehr.		+				+
28. *E. viridis* Ehr.		+				+
Dinophyta						
Dinophyceae						
Prorocentrales						
Prorocentrum Ech.						
29. *P. micans* Ehr.						+
Chrysophyta						
Chrysophyceae						
Chromulinales						
Chrysamoeba Klebs.						
*30. *Ch. scherffelii* (Pasch.)Matv.						+
Ochromonadales						
Mallomonas Perty						
*31. *M. elliptica* (Kissel.)Conrad.						+
Bacillariophyta						
Coscinodiscophyceae						

Продовження таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
Thalassiosirales						
Cyclotella Kütz.						
*32. *C. glomerata* Bachmann		+				
33. *C. meneghiniana* Kütz.	+	+	+	+	+	+
Cyclostephanos Round						
*34.*C. invisitatus* (Hohn et Hellerm.) Theriot, Stoermer et Hak.		+				
Skeletonema Grev.						
35. *S. costata* (Grev.)Cl.						+
Stephanodiscus Ehr.						
36. *S. hantzschii* Grun.	+	+	+	+	+	+
37. *S. rotula* (Kütz.)Hend.	+	+	+	+	+	+
Thalassiosira Cl.						
38. *T. baltica* (Grun.)Ostf.						+
Coscinodiscales						
Coscinodiscus Ehr.						
39. *C. granii* Gough.						+
Melosirales						
Melosira Ag.						
40. *M. moniliformis* (O. Müll.)Ag.						
– *var. moniliformis*						+
– *var. subglobosa* Grun.						+
41. *M. juergensii* Ag.		+				+
42. *M. varians* Ag.	+	+	+	+	+	+
Aulacoseirales						
Aulacoseira Thw.						
43. *A. granulata* (Ehr.)Sim.	+	+	+	+	+	+
Triceratiales						
Pleurosira (Menegh.)Trev.						
44. *P. laevis* (Ehr.)Comp.		+				+
Chaetocerotales						
Chaetoceros Ehr.						
45. *Chaetoceros sp.*						+
Fragilariophyceae						
Fragilariales						
Ctenophora (Grun.)Will. et Round						
46. C. pulchella (Ralfs)Will.et Round			+			+
Diatoma Bory emend Heib.						
47. *D. tenue* Ag.		+	+			
48. *D. vulgare* Bory						
— *var. breve* Grun.		+			+	+
– *var. lineare* Grun.	+	+	+	+	+	+
Fragilaria Lyngb.						
49. *F. capucina* Desm.		+				

Продовження таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
50. *F. vaucheriae* (Kütz.)Boye- Pet.						+
Pseudostaurosira Will. et Round						
*51. *P. brevistriata* (Grun.)Will. et Round						+
Staurosirella Will. et Round						
*52. *S. leptostauron* (Ehr.)Will. et Round			+			
53. *S. pinnata* (Ehr.)Will. et Round	+					
Synedra Ehr.						
54. *S. acus* Kütz.	+	+	+	+	+	+
55. *S. ulna* (Nitzsch)Ehr.	+	+	+	+	+	+
Tabularia (Kütz.)Will. et Round						
56. *T. fasciculata* (Ag.)Will.et Round	+	+	+	+	+	+
57. *T. tabulata* (Ag.)Snoeijs	+	+	+	+	+	+
Licmophorales						
Licmophora Ag.						
58. *L. gracilis* (Ehr.)Grun.						+
Bacillariophyceae						
Mastogloiales						
Aneumastus Mann et Stick.						
59. *A. tusculus* (Ehr.)Mann et Stick.						+
Cymbellales						
Anomoeoneis Pfitz.						
60. *A. sphaerophora* (Ehr.)Pfitz.	+	+	+	+	+	+
Brebissonia Grun.						
61. *B. boeckii* (Ehr.)O'Meara						+
Cymbella Ag.						
62. *C. angusta* (Greg.)Gusl.						+
63. *C. cistula* (Hemp.)Kirch.	+	+	+	+	+	+
64. *C. cymbiformis* Ag.						+
65. *C. ehrenbergii* Kütz.		+	+	+	+	
66. *C. helvetica* Kütz.	+	+	+			+
67. *C. lanceolata* (Ehr.)Kirch.	+	+	+	+	+	+
*68. *C. leptoceros* (Ehr.)Kütz.		+				+
69. *C. parva* (W. Sm.)Cl.	+	+		+	+	
70. *C. tumida* (Breb.)V. H.	+	+	+		+	+
Encyonema Kütz.						
71. *E. elginense* (Kram.)Mann	+		+		+	
Gomphoneis Cl.						
72. *G. olivaceum* (Horn.)Daw. ex Ross et Sims					+	+
Gomphonema (Ag.)Ehr.						
73. *G. acuminatum* Ehr.	+	+	+	+	+	+
74. *G. angustatum* Kütz.	+	+	+	+	+	+
75. *G. augur* Ehr.	+	+	+	+	+	+
*76. G. *clavatum* Ehr.	+	+	+	+	+	+

Продовження таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
*77. *G. intricatum* Kütz.						+
78. *G. parvulum* Kütz.	+	+	+	+	+	+
*79. *G. truncatum* Ehr.	+	+	+	+	+	+
Placoneis Mer. emend Cox						
80. *P. gastrum* (Ehr.)Mer.					+	+
Rhoicosphenia Grun.						
81. *R. abbreviata* (Ag.)L.- B.	+	+	+	+	+	+
Achnanthales						
Achnanthes Bory						
82. *A. brevipes* Ag.	+	+		+		+
83. *A. hungarica* Grun.	+	+	+	+	+	+
Cocconeis Ehr.						
84. *C. euglypta* Ehr.			+			+
85. *C. pediculus* Ehr.		+	+			+
86. *C. placentula* Ehr.	+	+	+	+	+	+
87. *C. scutellum* Ehr.						+
Planothidium Round et Bukht.						
88. *P. delicatulum* (Kütz.)Round et Bukht.						+
89. *P. lanceolatum* (Breb.)Bukht.	+	+	+	+	+	+
Naviculales						
Caloneis Cl.						
90. *C. amphisbaena* (Bory)Cl.		+	+	+		+
91. *C. permagna* (Bail.)Cl.		+			+	+
92. *C. schumanniana* (Grun.)Cl.			+			
93. *C. silicula* (Ehr.)Cl.			+	+		
Cavinula Mann et Stick.						
94.*C. lacustris* (Greg.)Mann et Stick.		+				
Cosmioneis Mann et Stick.						
*95.*C.pusilla*(W. Sm.)Mann et Stick.		+				
Craticula Grun.						
*96. *C. buderi* (Hust.)L.- B.	+	+			+	+
97. *C. cuspidata* (Kütz.)Mann		+	+			+
98. *C. halophila* (Grun.)Mann						+
Diploneis Ehr.						
*99. *D. elliptica* (Kütz.)Cl.						+
Fallacia Stick. et Mann						
100.*F. pygmaea*(Kütz.)Stick.et Mann		+		+	+	+
Gyrosigma Hass. emend Cl.						
101. *G. acuminatum* (Kütz.)Rabenh.		+	+			+
102. *G. attenuatum* (Kütz.)Cl.		+	+		+	+
*103. *G. distortum* (W. Sm.)Cl.		+	+		+	+
104. *G. spenceri* (Queck.)Grif. et Henfr.		+	+		+	+
Hippodonta L.-B., Metzeltin et Witkowski						

Продовження таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
105. *H. hungarica* (Grun.)L.-B., Metzeltin et Witkowski	+	+	+	+	+	+
Luticola Mann						
106. *L. mutica* (Kütz.)Mann						+
Navicula Bory						
107. *N. cryptocephala* Kütz.	+	+	+	+	+	+
*108.*N. gottlandica* Grun.		+			+	+
109. *N. gracilis* Ehr.		+				+
*110. *N. heufleriana* (Grun.)Cl.						+
111. *N. menisculus* Schum.		+			+	
112. *N. peregrina* (Ehr.)Kütz.	+				+	+
113. *N. radiosa* Kütz.	+	+	+	+	+	+
114. *N. reinhardtii* (Grun.)Grun.						+
115. *N. salinarum* Grun.						+
116. *N. viridula* Kütz.			+		+	
117. *N. veneta* Kütz.		+				
*118. *N. vulpina* Kütz.		+	+		+	+
Pinnularia Ehr.						
*119. *P. gibba* Ehr.					+	
120. *P. viridis* (Nitzsch)Ehr.		+	+	+		
Pleurosigma W. Sm.						
121. *P. angulatum* (Queck.) W. Sm.						+
122. *P. elongatum* W. Sm.			+		+	+
Sellaphora Mer.						
123. *S. pupula* (Kütz.)Mann	+	+	+	+	+	+
Stauroneis Ehr.						
124. *S. phoenicenteron* (Nitz.)Ehr.	+	+	+	+	+	+
Thalassiophysales						
Amphora Ehr.						
125. *A. caroliniana* Giffen						+
126. *A. coffeaeformis* (Ag.) Kütz.	+	+				+
*127. *A. exigua* Greg.						+
128. *A. libyca* Ehr.						+
129. *A. ovalis* Kütz.	+	+	+	+	+	+
130. *A. pediculus* (Kütz.)Grun.		+	+		+	+
*131. *A. veneta* Kütz.		+			+	+
Bacillariales						
Bacillaria Gmel.						
132. *B. paxilifera* (O. Müll.)Hend.	+	+	+	+	+	+
Hantzschia Grun.						
*133. *H. virgata* (Roper)Grun.						+
Nitzschia Hass						
134. *N. acicularis* (Kütz.)W. Sm.	+	+	+	+	+	+
135. *N. amphibia* Grun.	+	+	+	+	+	+

Продовження таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
136. *N. closterium* (Ehr.)W. Sm.		+	+			+
137. *N. dissipata* (Kütz.)Grun.			+		+	+
138. *N. filiformis* (W. Sm.)Schütt					+	+
139. *N. frustulum* (Kütz.)Grun.			+			+
*140. *N. intermedia* Hantzsch						+
*141. *N. microcephala* Grun.	+					+
142. *N. obtusa* W. Sm.						
– *var. scalpeliformis* Grun.		+				+
143. *N. palea* (Kütz.)W. Sm.		+	+		+	+
*144. *N. recta* Hant.			+		+	+
145. *N. sigma* (Kütz.)W. Sm.	+	+	+	+	+	+
146. *N. vermicularis* (Kütz.)Hant.		+	+		+	
Tryblionella W. Sm.						
147. *T. apiculata* Greg.	+	+	+	+	+	+
148. *T. gracilis* W. Sm.	+	+	+	+	+	+
149. *T. hungarica* (Grun.)Mann	+	+	+	+	+	+
150. *T. levidensis* W. Sm.	+	+	+	+	+	+
151. *T. punctata* W. Sm.						+
Rhopalodiales						
Epithemia Breb.						
152. *E. adnata* (Kütz.)Breb.	+	+	+	+	+	+
153. *E. sorex* Kütz.	+	+	+	+	+	+
Rhopalodia O. Müll.						
154. *R. gibba* (Ehr.) O. Müll.						
– *var. gibba*	+	+	+	+	+	+
– *var. parallela* (Grun.)H. et M. Perag.						+
155. *R. gibberula* (Ehr.)O. Müll.			+			+
Surirellales						
Cymatopleura W. Sm.						
156. *C. elliptica* (Breb.)W. Sm.			+	+	+	+
157. *C. librile* (Ehr.)Pant.	+	+	+	+	+	+
Entomoneis Ehr.						
158. *E. alata* (Ehr.)Ehr.						+
159. *E. paludosa* (W. Sm.)Reim.						+
Surirella Turp.						
160. *S. angustata* Kütz.					+	+
161. *S. biseriata* Breb.			+		+	+
162. *S. brebissonii* Kram. et L.- B.						
– *var. kuetzingii* Kram. et L.- B.	+	+	+			+
163. *S. ovalis* Breb.		+	+			+
164. *S. robusta* Ehr.			+	+	+	+
165. *S. splendida* (Ehr.)Kütz.			+	+	+	+
166. *S. striatula* Turp.		+	+	+		+
*167. *S. turgida* W. Sm.						+

Закінчення таблиці 1

Таксони	Водойми					
	Кучурганське водосховище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
Chlorophyta						
Chlorophyceae						
Chlamydomonadales						
Chlamydomonas Ehr.						
168. *Chlamydomonas sp.*						+
Chlorococcales						
Actinastrum Lageth.						
169. *A. aciculare* Playf.						+
Acutodesmus (Hegew.)Hegew. et Hanagata						
170. *A. dimorphus* (Turp.)Tsar.	+				+	
Ankyra Fott						
171. *A. lanceolata* (Korsch.)Fott						+
Chlorococcum Menegh.						
172.*Ch. infusionum* (Schrank)Men.						+
Desmodesmus (Chod.)An, Friedl et Hegew.						
173. *D. communis* (Hegew.)Hegew.		+			+	
174. *D. opoliensis* (P. Richt.)Hegew.	+	+	+	+	+	+
Pediastrum Meyen						
175. *P. boryanum* (Turp.)Menegh.						+
176. *P. duplex* Meyen	+	+	+	+	+	+
177. *P. simplex* Meyen						
– *var. echinulatum* Wittr.						+
178. *P. tetras* (Ehr.)Ralfs					+	+
Scenedesmus Meyen						
179. *S. falcatus* Chodat		+			+	+
180. *S. ellipticus*						+
181. *S. obtusus* Meyen					+	
Sphaerocystis Chod.						
182. *S. planctonica* (Korsch.)Bourr.						+
Zygnematophyceae						
Desmidiales						
Closterium Nitzsch						
183. *C. pritchardianum* Arch.			+		+	+
Cosmarium Corda ex Ralfs						
184. *C. impressulum* Elfv.			+			
185. *C. margaritiferum* Menegh.						+

Условні позначки: * – нові види для водойм нижнього Дністра

Найбільша різноманітність виявлена серед діатомових водоростей — 136 видів (73,5%), значно менше репрезентовані інші відділи: синьозелені — 26 видів (14,1%), зелені — 18 (9,7%), евгленові — 2 (1,1%), золотисті — 2 (1,1%), дінофітові — 1 вид (табл. 2).

Таблиця 2

Таксономічний спектр мікрофітобентосу водойм басейну нижнього Дністра

Відділ	Кількість				
	класів	порядків	родин	родів	видів
Bacillariophyta	3	16	32	54	136
Cyanophyta	2	3	5	8	26
Chlorophyta	2	3	8	10	18
Chrysophyta	1	2	2	2	2
Euglenophyta	1	1	1	1	2
Dinophyta	1	1	1	1	1
Усього	10	26	49	76	185

За вивчення мікрофітобентосу водойм басейну нижнього Дністра знайдено 34 нові для району дослідження види. Серед них: *Lyngbya aestuarii* (Mert.)Liebm., *Oscillatoria chalybea* (Mert.) Gom., *Phormidium inundatum* Kütz., *Spirulina laxa* G. Sm., *Euglena deses* Ehr., *Chrysamoeba scherffelii* (Pasch.)Matv., *Mallomonas elliptica* (Kissel.)Conrad., *Cyclostephanos invisitatus* (Hohn et Hellerm.)Theriot, Stoermer et Hak., *Staurosirella leptostauron* (Ehr.)Will. et Round, *Cymbella leptoceros* (Ehr.)Kütz., *Gomphonema clavatum* Ehr., *Craticula buderi* (Hust.)L.-B., *Navicula heufleriana* (Grun.)Cl., *Amphora exigua* Greg., *Hantzschia virgata* (Roper)Grun., *Nitzschia microcephala* Grun. та ін.

Максимальну кількість видів (152) виявлено в Дністровському лимані, мінімальну (56) зареєстровано в Кучурганському водосховищі, в інших водоймах кількість видів коливалася від 58 до 95 (табл. 3).

Таблиця 3

Показники флористичного багатства флор водойм нижнього Дністра

Назви водойм	Кількість					
	відділів	класів	порядків	родин	родів	видів
Кучурганське водосховище	3	5	13	21	33	56
Озеро Писарське	3	5	13	22	33	58
Озеро Біле	3	6	14	25	40	84
Водно-болотні угіддя	3	7	16	26	45	87
Ріка Дністер	4	7	17	29	46	95
Дністровський лиман	6	9	25	45	70	152

Найбільшою видовою різноманітністю в усіх водоймах відрізнялися роди *Nitzschia* Hass (13 видів), *Navicula* Bory (12), *Cymbella* Ag. (9), *Oscillatoria* Vauch.(8), *Surirella* Turp.(8), *Amphora* Ehr.(7), *Gomphonema* (Ag.)Ehr. (7), *Tryblionella* W. Sm. (5). Тільки Дністровському лиману притамані роди *Chlorococcum* Menegh., *Actinastrum* Lageth., *Chlamydomonas* Ehr., *Entomoneis* Ehr., *Brebissonia* Grun. У річці Дністер є такі специфічні роди, як *Cosmioneis* Mann et Stick., *Cavinula* Mann et Stick., *Cyclostephanos* Round. У інших водоймах лише їм притаманних родів не виявлено. Лише у Дністровському лимані знайдені представники родин *Prorocentraceae*, *Chrysamoebaceae*, *Coscinodiscaceae*, *Licmophoraceae*, *Mastogloiaceae*, *Diploneidaceae*, *Chlorococcaceae*. Види родин *Cavinulaceae* і *Cosmioneidaceae* знайдено тільки в річці Дністер. У інших водоймах специфічних для них родин не виявлено.

Дані про кількість видів десяти родин, які займають у кожній даній флорі провідне положення, надає можливість отримати уяву про систематичну струк-

туру цієї флори (табл. 4). Перелік провідних десяти родин у порівнюваних флорах повторюється приблизно без змін; 7 із наведених у таблиці 4 десяти родин обов'язково потрапляють у "провідну десятку". Родинам *Nitzschiaceae*, *Gomphonemataceae*, *Cymbellaceae*, *Fragilariaceae, Naviculaceae* і *Surirellaceae* характерна найбільша видова різноманітність. При цьому сумарна кількість видів десяти родин у водоймах басейну нижнього Дністра досягала 7/10 видового складу відповідних флор. На долю ж перших п'яти родин припадає 4/10 або 5/10 усього складу порівнюваних флор.

Таблиця 4

Провідні за кількістю видів родини у складі флор водойм басейну нижнього Дністра (%)

Назви родин	Водойми					
	Кучурганське водоймище	Ріка Дністер	Озеро Біле	Озеро Писарське	Водно-болотні угіддя	Дністровський лиман
Nitzschiaceae	16.1	12.6	16.7	13.8	14.9	12.5
Gomphonemataceae	10.7	6.3	7.1	10.3	8.1	5.2
Cymbellaceae	10.7	7.4	7.1	6.9	8.1	5.9
Fragilariaceae	8.9	5.3	7.1	6.9	4.6	4.6
Naviculaceae	7.1	8.4	6.0	5.2	9.2	6.6
Surirellaceae	3.6	4.2	9.5	8.6	6.9	6.6
Catenulaceae	3.6	4.2	2.4	1.7	3.5	4.6
Oscillatoriaceae	-	6.3	3.6	6.9	4.6	4.6
Pleurosigmataceae	-	4.2	6.0	-	4.6	3.9
Pinnulariaceae	-	3.2	4.8	5.2	2.3	1.3
Разом	**60.7**	**62.1**	**70.3**	**65.5**	**66.8**	**55.8**

Таким чином, в результаті порівнювального аналізу встановлено, що флори водойм басейну нижнього Дністра за таксономічними спектрами, показниками флористичного багатства і по провідних родинах відрізняються одна від одної.

Дані дослідження отримані завдяки фінансовій підтримці проекту Tacic-Europe Aid/120944/C/SV/UA "Технічна допомога у плануванні менеджменту басейну нижнього Дністра". Автор висловлює подяку співробітникам офісу за надання допомоги під час її виконання.

Висновки

1. За період досліджень в водоймах басейну нижнього Дністра було знайдено 185 видів водоростей, які належать до 76 родів, 49 родин, 26 порядків, 10 класів і 6 відділів. З них 34 види вперше наведені для альгофлори водойм Дністра.

2. Максимальна кількість видів (152) виявлена в Дністровському лимані, мінімальна — у Кучурганському водоймищі (56).

Література

1. *Атлас* світу. – К.: ДВНП "Картографія", 2004. – 139 с.
2. *Срединский Н. К.* Материалы для флоры Новороссийского края и Бессарабии. – Одесса, 1872–1873. – Т. 1, 2. – 291 с.
3. *Аксентьев Б. Н.* Планктонные диатомеи реки Днестра и некоторых прилегающих к нему водоемов // Журн. наук.-досл. кафедр м. Одеси. – 1926. – Т. 2, № 4. – С. 53–61.

4. *Погребняк И. И., Бережная Н. М.* Микрофитобентос Днестровского лимана // Тр. зональн. совещ. по типол. и биол. обоснов. рыбох. использ. внутр. водоемов южной зоны СССР. – Кишинев, 1962. – С. 182- 186.
5. *Погребняк И. И.* Донная растительность лиманов Северо-Западного Причерноморья и сопредельных им акваторий Черного моря: Автореф. дис... д-ра биол. наук. – Одесса, 1965. – 31 с.
6. *Иванов А. И.* Фитопланктон устьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1982. – 210 с.
7. *Гусляков Н. Е., Закордонец О. А., Герасимюк В. П.* Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов.- К.: Наук. думка, 1992. – 112 с.
8. *Скорик Л. В.* Фитомикробентос / Сиренко Л. А. // Гидробиологический режим Днестра и его водоемов. – К.: Наук. думка, 1992. – С. 150- 163.
9. *Герасимюк В. П., Кириленко Н. А., Бабина Т. Н.* Диатомовые водоросли бентоса реки Каменка, левого притока реки Днестр // Матер. межд. научн.-практ. конф. "Геоэкол. и биоэколог. пробл. Северн. Причерноморья". – Тирасполь, 2001. – С. 62- 63.
10. *CEN/ISO.* Качество воды – Стандарт – руководство по рутинному отбору и предварительной подготовке бентических диатомовых из рек // Европейский Стандарт. – 2003. – № 13946. – 14 с.
11. *CEN/ISO.* Качество воды – Стандарт – руководство по определению, подсчету и интерпритации проб бентических диатомовых из проточных вод // Европейский Стандарт. – 2004. – № 14407. – 12 с.
12. *Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae // Subwasserflora von Mitteleuropa. – 1986- 1999. – Bd. 2/1-4.
13. *Lange-βertalot H. Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu stricto, *Frustulia* // Diatoms of Europe. – Vol. 2. – 526 p.

В. П. Герасимюк
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра ботаники,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

МИКРОФИТОБЕНТОС ВОДОЕМОВ БАССЕЙНА НИЖНЕГО ДНЕСТРА

Резюме
Исследован видовой состав водорослей бентоса водоемов нижнего Днестра. На протяжении 2000- 2006 гг. найдено 185 видов, которые относятся к 76 родам, 49 семействам, 26 порядкам, 10 классам и 6 отделам. Из них 34 вида альгофлоры водоемов нижнего Днестра обнаружены впервые .

Ключевые слова: микрофитобентос, водоросли, вид, река Днестр.

V. P. Gerasimiuk
Odessa National Mechnikov University, Department of Botany,
Dvorianskaya St., 2, 65082, Odessa, Ukraine

MICROPHYTOBENTHOS OF THE BASIN RESERVOIRS OF THE LOWER DNIESTER

Summary
Microphytobenthos of the Lower Dniester was studied. It has been found 185 species of algae, belonging to 76 genera, 49 families, 26 orders, 10 classes and 6 divisions. 34 species of them are new for algae florae of of the Lower Dniester.

Keywords: microphytobenthos, algae, species, the Dniester river.

УДК 581.526.45

Г. Н. Лысенко, канд. биол. наук, доц.
Нежинский государственный университет имени Николая Гоголя,
кафедра ботаники и экологии
ул. Крапивянского, 2, Нежин, Черниговская область, 16602, Украина,
e-mail: lysenko_gena@yahoo.com

ВЛИЯНИЕ ПАЛОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОТОПИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕПНЫХ ЗАПОВЕДНИКОВ УКРАИНЫ

Рассмотрены результаты влияния одного из видов экзогенных воздействий (степных палов) на изменение величин некоторых экотопических параметров (климатических и эдафических) ряда степных заповедников Украины. Отмечено, что сила влияния огня на трансформацию основных типологических вариантов степей различна. Однако, направление смен величин экофакторов всегда противоположно вектору автогенетической сукцессии.
Ключевые слова: пирогенный фактор, экологические режимы, степные заповедники.

Среди множества направлений, разрабатываемых в рамках современного степеведения, отсутствует степная пирология, хотя Ю. Одум [1] относил степные экосистемы к экосистемам пирогенного типа. Более того, влиянию огня на степи посвящена обширная отечественная [2–10] и зарубежная [11–14] литература. Вне всякого сомнения, пирогенный фактор относится к группе критических, однако масштабность и "катастрофизм" его влияния на трансформацию зональных степных фитоценоструктур нередко переоценивается. Вместе с тем, в современной отечественной литературе существует значительный пробел в исследовании влияния степных палов на изменение величин ряда лимитирующих экологических факторов, при непосредственном воздействии которых происходит саморазвитие степного биома в целом. Именно поэтому основной целью данной работы является изучение экотопических характеристик степных резерватов, подвергшихся действию огня.

Разработка этой проблемы имеет ряд предпосылок. Так, в комментариях к статье В. С. Гавриленко [2] отмечено, что проблема степных пожаров в заповедниках безусловно заслуживает специального обсуждения. Кроме того, начало нынешнего столетия охарактеризовалось серией случайных неконтролируемых степных пожаров в ряде заповедников Украины: "Каменные Могилы" (2002), "Михайловская целина" (2003), "Стрельцовская степь" (2003), "Провальская степь" (2004), "Аскания-Нова" (2005), что дало возможность получить ценнейшую информацию о влиянии пирогенного фактора на растительность степей.

Материалы и методы исследований

С целью изучения постпирогенных изменений экотопических характеристик нами были использованы массивы геоботанических описаний, выполненных по стандартной методике на аровых площадках до и после степных палов на заповедных участках: "Михайловская целина" – 2001 и 2003 гг. (152 и 88 описаний соответственно), "Каменные Могилы" – 2000 и 2004 гг. (102 и 139 описаний)

 © Г. Н. Лысенко, 2008

(оба – отделения Украинского степного природного заповедника), "Стрельцовская степь" – 2002 и 2004 гг. (соответственно 168 и 185 описаний) (отделение Луганского природного заповедника).

Для оценки экологических условий и состояния биотопов был использован метод фитоиндикации экологических факторов [15]. Анализу были подвержены: обобщенный терморежим (Tm), влажность почв (Hd), их кислотность (Rc), содержание минерального азота (Nt) и соединений кальция (Ca), общий солевой режим (Tr), континентальность (Kn), гумидность (Om) и морозность климата (Cr). Полученные фитоиндикационные показатели статистически обработаны. Рассчитаны средние значения и критерий Стьюдента (t).

Анализ результатов и их обсуждение

Анализ имеющихся литературных источников показал, что оценка результатов степных палов разными авторами достаточно вариабельна. Так, в своей работе Л. Е. Родин [7] выделил три направления влияния выжигания – положительные, безразличные и отрицательные. Исследователь отметил 13 положительных моментов в изменении растительности под влиянием выжигания и лишь 4 – отрицательных. По наблюдениям Е. М. Лавренка [4], осенний пожар в Попереченской степи (Пензенская область) оказал очень большое, почти катастрофическое влияние на растительность луга. В заключении статьи Е. М. Лавренко делает вывод о том, что степные пожары в разнотравно-типчаково-ковыльных и типчаково-ковыльных степях не производят такого разрушительного воздействия на растительность и оставляют структуру степного травостоя мало нарушенной.

В статье М. С. Шалыта и А. А. Калмыковой [9] находим ссылку на замечание И. К. Пачосского, указывающего на то, что роль пожаров обычно преувеличивается. Кроме того, в заключении данные авторы отмечают, что степные пожары в южных степях вовсе не наносят растительности ощутимого вреда. Подобные выводы делают и В. В. Осычнюк с Г. Г. Истоминой [5]. Они склонны считать выжигание, особенно многолетнее, сильно действующим фактором, под воздействием которого осуществляется ксеризация условий существования.

Вместе с тем, С. И. Данилов [3] из всех учтенных им факторов, спровоцированных палами, только три считает более-менее благоприятными для роста травостоя, тогда как остальные влекут за собой, по мнению автора, ухудшение условий произрастания. Однако автор отмечает наличие ряда адаптаций у типичных степных видов, позволяющих им эффективно противостоять действию огня.

В данной статье мы сознательно опускаем описание структурных изменений резерватных фитоценозов, вызванных степными пожарами, акцентируя внимание лишь на изменении величин экологических режимов. Результаты фитоиндикационных расчетов (в баллах фитоиндикационных шкал) для каждого из заповедных участков представлены в таблицах 1–3.

Приведенные статистические расчеты иллюстрируют определенные, хотя во многих случаях, незначительные отличия величин исследуемых экологических режимов, вызванных степными палами. Кроме того, для преобладающего числа экофакторов разница средних значений анализируемых выборок недостоверна. Однако, по нашему мнению, единовременное воздействие огня на резерватные фитоценоструктуры, и более того, на существенное изменение величин эдафи-

ческих факторов невозможно вследствие значительной “буферности” степных биогеоценозов, обладающих механизмами адаптации к пирогенным факторам. Кроме того, различные типологические варианты степей по-разному реагируют на степные пожары. Наиболее существенно то, что общий тренд постпирогенных изменений экотопических характеристик оказался противоположным направлению резерватных сукцессий для всех исследуемых участков, что позволяет использовать степные палы для регулирования хода сукцессионных смен. Однако, принимая во внимание дискуссионный характер последнего замечания, следует провести серию научно обоснованных экспериментов по воздействию палов на все без исключения компоненты степных экосистем.

Таблица 1

Фитоиндикационная оценка состояния экотопов “Михайловской целины” до (2001) и после пала (2003)

Статистические показатели	Экологические факторы								
	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
2001 X′	8,25	7,88	5,61	10,06	7,21	8,42	7,63	7,53	7,71
2003 X″	8,23	7,80	5,49	9,81	8,07	8,43	7,11	7,37	7,83
Критерий Стьюдента (t)	0,57	1,89	2,35	2,15	3,48	0,21	2,73	2,51	2,34
/ X″ - X′/	0,02	0,08	0,12	0,25	0,86	0,01	0,52	0,16	0,12

Примечание: здесь и в таблицах 2, 3: по вертикали – X′ и X″ – средние арифметические значения исследуемых экологических факторов; по горизонтали - экологические факторы: Rc – кислотность почв; Tr – общий солевой режим; Nt – содержание в почвах минерального азота; Hd – влажность почв; Tm – обобщенный терморежим; Kn – континентальность климата; Om – гумидность климата; Cr – морозность климата; Ca – содержание соединений кальция в почвах.

Таблица 2

Фитоиндикационная оценка состояния экотопов “Каменных Могил” до (2000) и после пала (2004)

Статистические показатели	Экологические факторы								
	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
2000 X′	8,66	8,34	4,88	8,75	8,83	9,33	6,91	7,88	8,72
2004 X″	8,51	8,25	4,79	8,51	8,81	9,23	6,89	7,79	8,73
Критерий Стьюдента (t)	2,72	2,61	2,07	1,01	0,65	2,52	0,63	1,84	0,15
/ X″ - X′/	0,15	0,09	0,09	0,24	0,02	0,10	0,02	0,09	0,01

Таблица 3

Фитоиндикационная оценка состояния экотопов “Стрельцовской степи” до (2002) и после пала (2004)

Статистические показатели	Экологические факторы								
	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
2002 X′	8,78	8,31	4,94	8,63	8,79	9,26	6,98	7,74	8,91
2004 X″	8,67	8,36	5,16	8,87	8,72	9,13	6,94	7,58	8,71
Критерий Стьюдента (t)	2,42	1,95	2,07	2,21	1,59	2,72	0,98	2,64	2,77
/ X″ - X′/	0,11	0,05	0,22	0,24	0,07	0,13	0,04	0,16	0,20

Выводы

1. Воздействие пирогенного фактора на степные экосистемы в целом проявляется значительным изменением значений экологических факторов, максимально соответствующих структурно-функциональным особенностям биомов с доминированием трав.

2. Сила воздействия степных палов на изменение величин параметров среды различна для северных луговых ("Михайловская целина") и типологических вариантов разнотравно-типчаково-ковыльных степей ("Каменные Могилы" и "Стрельцовская степь").

3. Направленность всех постпирогенных изменений исследуемых экологических факторов всегда была противоположной общему вектору резерватогенной динамики, под которой понимаем полный набор сукцессионных серий, включая не только демутационные но и автогенетические изменения.

Литература

1. *Одум Ю.* Экология: В 2 т. Т. 2. Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 376 с.
2. *Гавриленко В.* Степной пожар в биосферном заповеднике «Аскания-Нова» имени Ф.Э. Фальц-Фейна // Степной бюллетень. - 2005. - № 19. - С. 26- 27.
3. *Данилов С.И.* Пал в Забайкальских степях и его влияние на растительность // Вестник ДВ филиала АН СССР. - 1936. - № 21. - С. 63- 83.
4. *Лавренко Е. М.* Некоторые наблюдения над влиянием пожара на растительность северной степи (Попереченская степь, Пензенской обл.) // Ботан. журн. - 1950. - Т. 35, № 1. - С. 77- 78.
5. *Осичнюк В. В., Істоміна Г. Г.* Вплив випалювання на степову рослинність // Укр. ботан. журн. - 1970. - 27, № 3. - С. 284- 290.
6. *Работнов Т. А.* О значении пирогенного фактора для формирования растительного покрова // Ботан. журн. - 1978. - Т. 63, № 11. - С. 1605- 1611.
7. *Родин Л. Е.* Выжигание растительности как прием улучшения злаково-полынных пастбищ // Сов. Ботаника. - 1946. - Т. 14, № 3. - С. 147- 162.
8. *Ткаченко В. С., Лисенко Г. М.* Синфітоіндикація постпірогенних змін екотопічних характеристик лучного степу "Михайлівська цілина" на Сумщині (Україна) // Укр. ботан. журн. - 2005. - 62, № 4. - С. 468- 483.
9. *Шалыт М. С., Калмыкова А. А.* Степные пожары и их влияние на растительность // Ботан. журн. - 1935. - Т. 20, № 1. - С. 101- 111.
10. *Якубов Т.* Выжигание травостоя как мера поднятия урожайности пастбищ и сенокосов песчаных полупустынь и пустынь // Сов. Ботаника. - 1942. - № 6. - С. 41- 45.
11. *Callaway R. M., Davis F. W.* Vegetation dynamics, fire, and the physical environment Central California // Ecology, Vol. 74, N 5 (Jul., 1993). - 1567- 1578 p.
12. *Collins S. L.* Fire frequency and community heterogeneity in tallgrass prairie vegetation // Ecology, Vol. 73, N 6 (Dec., 1992). - 2001- 2006.
13. *Fire* and grazing in the talgrass prairie: contingent effects on nitrogen budgets / N. T. Hobbs, D. S. Schimel, C. E. Owensby, D. S. Ojima // Ecology, Vol. 72, N 4 (Aug., 1991). - 1374- 1382 p.
14. *Richards S. A., Possingham H. P., Tizard J.* Optimal fire management for maintaining community diversity // Ecological Applications, Vol. 9, N 3 (Aug., 1999). - 880- 892 p.
15. *Дідух Я. П., Плюта П. Г.* Фітоіндикація екологічних факторів. - К.: Наук. думка, 1994. - 280 с.

Г. М. Лисенко
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя,
природничо-географічний факультет, кафедра ботаніки та екології,
вул. Крапив'янського, 2, м. Ніжин, Чернігівська обл., 16602, Україна

ВПЛИВ ПАЛІВ НА ЗМІНУ ЕКОТОПІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕПОВИХ ЗАПОВІДНИКІВ УКРАЇНИ

Резюме
На основі методу синфітоіндикації розраховані величини ряду екологічних факторів (кліматичних та едафічних), що характеризують екотопи низки степових заповідників України до та після спонтанних степових пожеж. Відмічена різна силу впливу для різних типологічних варіантів степів, проте напрямок змін завжди був протилежний напрямку автогенної сукцесії.

Ключові слова: пірогенний фактор, екологічні режими, степові заповідники.

H. M. Lysenko
Gogol State University of Nizhyn,
Natural-geographic department, faculty of Botany and Ecology,
2, Krapyvyansky Str., Nizhyn, Chernigiv Region, 16602, Ukraine

INFLUENCE FIRE REGIME ON ECOTOPICAL CHARACTERISTICS CHANGE OF STEPPE RESERVES OF UKRAINE

Summary
The date of a number ecological factors (climatic and edaphic) determinated the ecotopes of the some steppe reserves' of Ukraine before and after spontaneous fires have been calculated on the base of synphytoindication method. Strength fire effect is different for different variants of steppe typology, however, changeability direction was always contrary to the direction of autogenic succession.

Keywords: fire regime, ecological factors, steppe reserve.

УДК 582.29:581.52 (262.5-16)(292.486)(477.7-16)

Ю. С. Назарчук, асист.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра ботаніки,
Шампанський пров., 2, Одеса, 65058, Україна,
E-mail: bio_july@hotmail.com

СУБСТРАТНА ПРИСТОСОВАНІСТЬ ЛИШАЙНИКІВ СТЕПІВ ПІВДЕННОГО ЗАХОДУ УКРАЇНИ

Проведено аналіз пристосованості лишайників степів південного заходу України до різних типів субстрату. Показано, що формуються два складних субстратних комплекси: епілітний та епіфітний, а також епігейний комплекс видів. Обговорюються особливості різних субстратних груп видів.
Ключові слова: лишайники, субстрат, гірські породи, напівчагарнички, ґрунт.

Поширення лишайників обумовлене наявністю певного субстрату, а також різними екологічними факторами: температурою, вологістю, освітленістю та антропогенним тиском. Субстрат для лишайників є одним з головних факторів існування [1], оскільки він обумовлює різні аспекти життєдіяльності, впливаючи на морфологію, фізіологічні процеси та, ймовірно, є одним із факторів видоутворення у лишайників. Розширення спектру субстратів, з одного боку, сприяє розширенню ареалу виду, а з іншого — перехід видів на невластиві їм субстрати, що допомагає лишайникам вижити при змінах мікроклімату, але при цьому уповільнюється швидкість росту особин, зменшуються розміри спор, знижується репродуктивна здатність. Чим ширша субстратна амплітуда виду, тим вища його стійкість та тим більша його здатність протистояти несприятливим факторам [2]. Як зазначає Н. С. Голубкова [3], лишайники демонструють надзвичайну пристосованість та адаптаційну здатність до заселення різноманітних екологічних ніш в природних екосистемах, тому вивчення пристосованості видів лишайників до певних субстратів надає можливість виявляти закономірності розповсюдження і прогнозувати розподіл лишайників на досліджуваній території.

Степовій зоні південного заходу України притаманна наявність різноманітних ценотопів, що обумовлює специфічні риси ліхенофлори означеної території. Тому метою даної роботи було виявлення особливостей ліхенофлори степів південного заходу України, а саме субстратної пристосованості лишайників цієї території.

Матеріали і методи

Об'єктом дослідження була субстратна залежність лишайників степів південного заходу України. Для порівняння видового складу лишайників, що зростають на різних типах субстрату, використовували коефіцієнт флористичної дискримінації Стугрена-Радулеску [4], оскільки йому властива найбільша диференціювальна здатність [5]:

© Ю. С. Назарчук, 2008

$$\rho_s = \frac{X + Y - Z}{X + Y + Z};$$

де X – кількість видів, які пов'язані з першим субстратом, але відсутні на другому; Y – кількість видів, які пов'язані з другим субстратом, але відсутні на першому; Z – кількість видів, які зустрічаються на обох субстратах. На основі розрахованого коефіцієнту за методом "максимального кореляційного шляху" [6] будували дендрит з подальшим виділенням плеяд.

Результати та їх обговорення

Видова різноманітність лишайників виявляє певну залежність від кількості типів субстрату та ценозів, де вони виявляються [7]. Розглядаючи диференціацію видового складу лишайників в залежності від різних типів субстратів, слід підкреслити середню, а в багатьох випадках і значну, ступінь відмінностей ліхенофлори однієї субстратної групи від іншої (рис. 1). При цьому переважання відмінності над подібністю цілком очевидне.

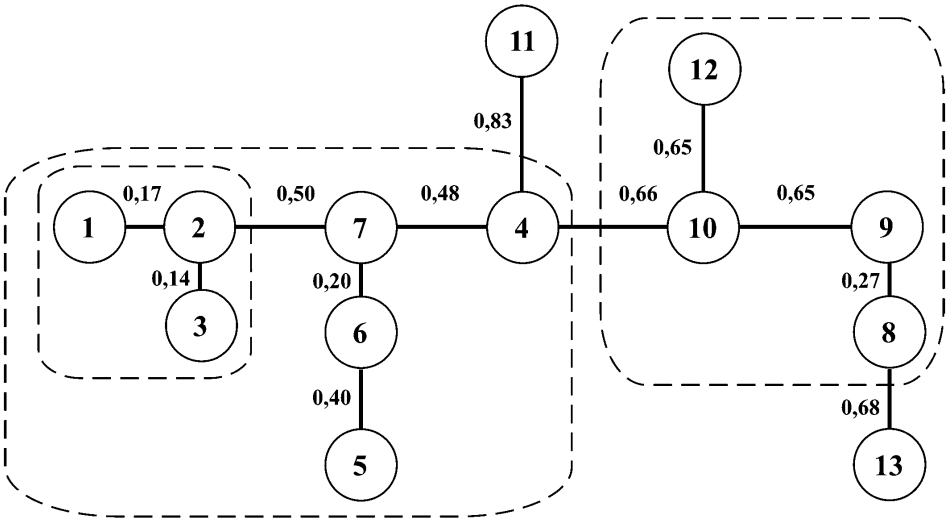


Рис. 1. Дендрит та кореляційні плеяди, що відображають ступінь подібності видового складу лишайників, пристосованих до основних типів субстратів

Примітка: 1 – брекчії; 2 – конгломерати; 3 – глиби пісковиків; 4 – вапняки; 5 – цемент; 6 – оброблений вапняк; 7 – бетон; 8 – рослинні рештки; 9 – напівчагарники; 10 – кора дерев; 11 – грунт; 12 – мертва деревина; 13 – мохи.

Подібну диференціацію видового складу, окрім інших об'єктивних причин, можна пояснити різницею у кількості видів, пристосованих до різних субстратів. За досить великих значень наведених коефіцієнтів простежуються певні чіткі закономірності. Слід звернути увагу на відокремлення окремих складних субстратних комплексів: епілітного та епіфітного, а також епігейного комплексу видів.

Епілітний комплекс представлений 107 видами, що складає 54% від загальної кількості видів. Цей складний комплекс включає види, що ростуть як на природних кам'янистих субстратах, так і на штучних та трансформованих діяльністю

людини. Відслонення гірських порід створюють складний комплекс умов для існування лишайників з різними вимогами до умов навколишнього середовища і таким чином сприяють збільшенню ліхенофлористичного багатства території.

У степовій зоні південного заходу України представлені переважно вапнякові відслонення. Однак, на незначній за площею, але дуже своєрідній території острова Зміїний представлені відслонення силікатних порід, а саме конгломерато-брекчії та кварцитовидні пісковики. Найбільш тісний зв'язок спостерігається у ліхенофлор конгломератів, брекчій та глиб пісковиків. Низький коефіцієнт відмінності цих ліхенофлор пояснюється, в першу чергу, як дуже подібним хімічним складом гірських порід, так і схожими мікрокліматичними умовами. Так, досить своєрідними екотопами існування лишайників є екотопи супраліторалі, у яких зростають нечисленні види лишайників. В нижній частині супраліторалі досить рясно зростав *Collemopsidium halotydes* (Nyl.) Grube & B.D. Ryan, утворюючі разом із *Verrucaria amphibia* R. Clem. Apud Ach., *Lichina confinis* (O. F. Mull.) Agardh та іншими специфічні угруповання, які візуально відмічаються як чорна смуга над рівнем моря висотою до двох метрів. Ці види переважно зростали на глибах пісковиків, але зустрічалися і на конгломератах, що знаходилися в умовах періодичного зволоження морською водою.

Зв'язок групи силікатних кам'янистих субстратів з групою карбонатних, а саме вапняку, відбувається через конгломерати та штучний субстрат – бетон. Це пояснюється тим, що найбільший вміст карбонатів, крім чистих вапнякових порід, є лише в конгломератах, які утворені зцементованими карбонатними та силікатними відслоненнями. Як зазначає О. Є. Ходосовцев [8], на конгломератах зустрічаються як кальцефільні, так і кальцефобні види лишайників, оскільки конгломерати утворені залишками гірських порід різного хімічного складу.

Види епілітного комплексу розподіляються на дві групи за належністю їх до різних типів кам'янистих субстратів: такі, що виявляються на відслоненнях гірських порід природного походження – вапняках та силікатних породах, а також такі, що виявляються на субстратах штучного походження, до яких відносяться бетон, вапнякові споруди, цемент, цегла та шифер (рис. 2.).

Значна різноманітність лишайникових таксонів пов'язана із вапняковими відслоненнями, які характерні для степів південного заходу України. Ліхенофлора вапняків суттєво відрізняється від ліхенофлори глиб та брекчій, причому є група видів (20 видів, 10%), які зустрічаються лише на вапняках, тобто в наших умовах виявились облігатними кальцефілами. Це такі види, як *Acrocordia conoidea* (Fr.) Körber, *Bagliettoa parmigera* (J. Steiner) Vezda et Poelt, *Caloplaca lactea* (A. Massal.) Zahlbr., *Caloplaca marmorata* (Bagl.) Jatta, *Protoblastenia rupestris* (Scop.) J. Steiner, *Verrucaria lecideoides* (A. Massal.) Trevis., *Xanthoria mediterranea* Giralt, Nimis & Poelt та інші.

Другий, значний за кількістю видів, комплекс – епіфітний. Він представлений 77 видами, що складає 39 % від загальної кількості видів. До даного комплексу входять види, що ростуть на корі дерев, чагарниках, чагарничках, напівчагарничках та рослинних рештках (рис. 3). Крім цього, до даної плеяди входять і епіксильні види (14 видів, 7 %), субстратом для росту яких є гниюча деревина (пні, вітролом, оброблена деревина та дерев'яні конструкції).

Розвиток епіфітних видів залежить в першу чергу від кислотності кори форофіту та її морфології, а також від ступеня освітлення, вологості та забруднення повітря. Максимальна кількість видів спостерігалася на корі *Quercus robur* (33 види), *Robinia pseudoacacia* (30 видів), *Populus nigra* (27 видів),

Salix alba (26 видів), а також *Sophora japonica*, *Gleditsia triacanthos* (по 25 видів) та *Betula pendula* (23 види).

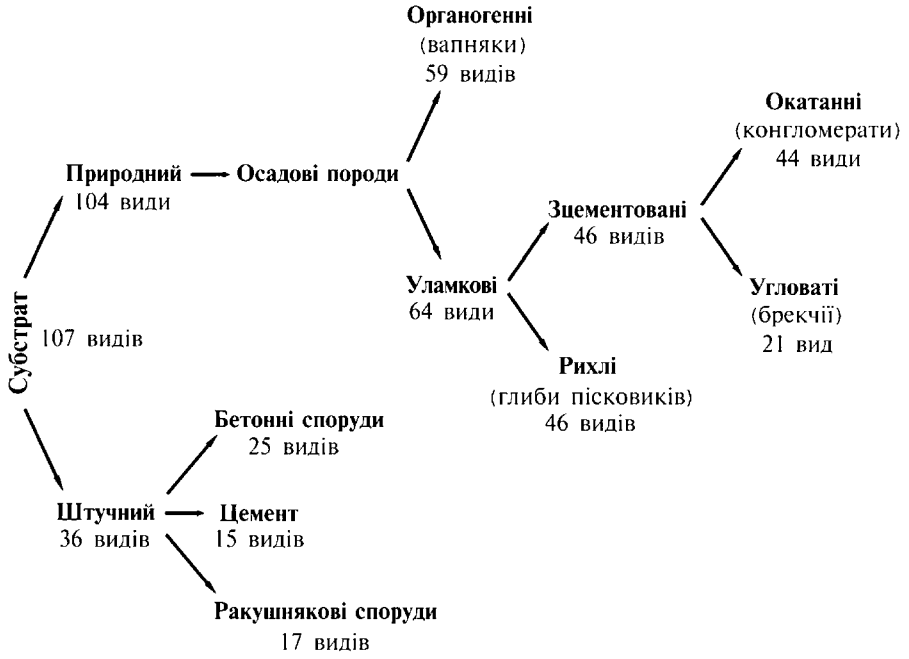


Рис. 2. Розподіл видів лишайників епілітного комплексу залежно від типу кам'янистого субстрату (схема розроблена з використанням класифікації осадових порід [9])

Рис. 3. Розподіл видів лишайників епіфітного комплексу

Винятковий інтерес представляли лишайники, що зростали в умовах степу на чагарничках та напівчагарничках через своєрідність самого субстрату та утворення особливого низового угруповання [10]. На таких рослинах, як *Kochia* sp., *Chamaecytisus* sp., *Ephedra dystachia* та ін., було виявлено 17 видів лишайників. Значна кількість з них досить часто зустрічається на корі дерев, наприклад, *Physcia adsendens* (Fr.) H. Olivier, *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau та ін. Специфічними до цього субстрату були *Arthopyrenia punctiformis* (Pers.) A.Massal., *Candelariella boikoi* Khodosovtsev et S. Kondr. та *Lecania zinaidae* Oxner. Дуже близькою до даної групи видів є група, яка пристосована до зростання на рослинних рештках, оскільки умови для росту, що включають вологість нижніх шарів повітря та сприятливий режим освітлення [11], дуже подібні.

За дуже високим значенням коефіцієнту Стугрена-Радулеску від плеяди епілітних видів відокремлюється комплекс епігейних видів лишайників, який нараховує 21 вид або 10,5%. Як відзначає І. Бродо [1], значну роль у розвитку епігейних лишайників грає текстура та стабільність ґрунтового покриву. Найхарактернішими для регіону є епігейні види роду *Cladonia*, *Fulgensia fulgens* (Sw.) Elenkin, *Toninia sedifolia* (Scop.) Timdal, *Psora decipiens* (Hedw.) Hoffm., а також мігруючі, неприкріплені види — *Neofuscelia ryssolea* (Ach.) Essl.) та *Xanthoparmelia camtschadalis* (Ach.) Hale. Види цього комплексу дуже чутливі до зміни умов існування, які викликані, перш за все, розорюванням землі та випасом худоби.

Крім вищеозначених субстратних комплексів, або груп, у ліхенофлорі степів південного заходу України ще визначаються епібріофільні лишайники — це такі, субстратом для росту яких є мохи (13 видів або 6,5%), ліхенофільні лишайники, що ростуть на інших видах лишайників (7 видів або 3,5%) та остеофільні лишайники, які колонізують кістки (5 видів або 2,5%).

Висновки

1. У ліхенофлорі степів південного заходу України можна виділити два складних субстратних комплекси: епілітний та епіфітний, а також епігейний комплекс видів, які відповідно представлені 107, 77 та 21 видами.

2. Найбільші риси подібності за видовим складом виявляють ліхенофлори силікатних гірських порід; ліхенофлора конгломератів займає проміжну позицію між штучними та трансформованими субстратами і вапняками.

3. Переважання епілітних видів, наявність характерних епіфітних та епігейних лишайників свідчать про типовий для степової зони характер ліхенофлори, на яку значно впливає людська діяльність.

Література

1. *Brodo I. M.* Substrate ecology // Lichen ecology. – London; New York; San Francisco, 1977. – P. 401–441.
2. *Толпышева Т. Ю.* Лихенология на кафедре микологии и альгологии // Материалы юбилейной конференции посвященной 85-летию кафедры микологии и альгологии МГУ им. М. В. Ломоносова. – 2004. – С. 14–16.
3. *Голубкова Н. С.* К вопросу о происхождении и путях эволюции лишайникового симбиоза // Нов. сист. низш. раст. – 1993. – Т. 29. – С. 84–104.
4. *Шмидт В. М.* Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. – 176 с.
5. *Шмидт В. М.* Количественные показатели в сравнительной флористике // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, № 7. – С. 929–940.
6. *Выханду Л. К.* Об исследовании многопризнаковых биологических систем // Применение математических методов в биологии. – Л.: Из-во Ленингр. ун-та. – 1964. – Т. 3. – С. 19–22.
7. *Мучник Е. Э.* К изучению количественного распределения видового разнообразия лишайников лесостепной зоны // Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2000. – № 1. – С. 103–106.
8. *Ходосовцев О. Є.* Лишайники кам`янистих відслонень Кримского півострова: Дис... д-ра биол. наук.: 03.00.21. – К., 2004. – 331 с.
9. *Васильев Ю. М., Мильничук В. С., Арабаджи М. С.* Общая и историческая геология. – М.: Недра, 1977. – 472 с.
10. *Окснер А. М.* Про новий вид *Lecania* з України // Вісн. Київ. ботан. саду. – 1931. – Вип. 12–13. – С. 151–153.
11. *Ходосовцев О. Є.* Епіфітні лишайники в степових фітоценозах півдня України // II наукові читання пам'яті Й. К. Пачоського. – Херсон, 1994. – С. 71–74.

Ю. С. Назарчук, ассист.
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра ботаники
Шампанский пер., 2, Одесса, 65058, Украина

СУБСТРАТНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЛИШАЙНИКОВ СТЕПЕЙ ЮГО-ЗАПАДА УКРАИНЫ

Резюме
Проведен анализ приуроченности лишайников степей юго-запада Украины к различным типам субстрата. Показано, что формируются два сложных субстратных комплекса: эпилитный и эпифитный, а также эпигейный комплекс видов. Обсуждаются особенности различных субстратных групп видов.

Ключевые слова: лишайники, субстрат, горные породы, полукустарнички, почва.

Yu. S. Nazarchuk
Odessa National Mechnikov University,
Department of Botany
Shampanski Line, 2, 65058, Odessa, Ukraine

SUBSTRATE RELATION OF STEPPES LICHENS OF THE SOUTHWEST OF UKRAINE

Summary
Flora of steppes lichens of the southwest of Ukraine in relation to various substrate types has been analyzed. It is shown that two compound substrate complexes: epilitic and epiphytic as well asepigeic are formed. The features of various substrate groups of species are discussed.

Keywords: lichens, substrate, rocks, dwarf subshrubs, soil.

УДК 582.26\.27:581.4(262.5)

А. В. Празукин, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.
Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины,
пр. Нахимова, 2 , Севастополь, 99011, Украина

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КРОНОВОГО ПРОСТРАНСТВА ЗЕЛЕНОЙ ВОДОРОСЛИ БРИОПСИС (*BRYOPSIS HYPNOIDES* LAMOUR), ЧЕРНОЕ МОРЕ

Рассмотрена структурно-функциональная организация «кроны» слоевища бриопсиса гипнообразного (*Bryopsis hypnoides*). Основная масса растения (63%) сосредоточена вблизи верхней границы кронового пространства, т. е. в условиях наилучшего обеспечения фотосинтетически активной радиации. С глубиной «кроны» интенсивность фотосинтеза элементов растения снижается по экспоненциальному закону.
Ключевые слова: фотосинтез, водоросли, архитектоника растения.

Крона растения своим расположением в пространстве «захватывает» определенную часть пространства, формируя тем самым кроновое, в границах которого различаются два типа пространств [1–6] и соответственно объемов: телесное (ткани и органы растения) и надтелесное (ближайшее, функциональное пространство, БФП). В БФП размещается вода с растворенными и взвешенными в ней веществами (у водных растений) или воздух (у наземных).

Интерес к структурно-функциональной организации кроновых пространств растений имеет как сугубо академический, так и прикладной характер. Прикладной интерес исследователей к экофизиологии наземных растений реализуется в разностороннем изучении вопроса об управлении фотосинтетической деятельностью растений через геометрическую структуру и оптические свойства посевов и крон растений [7–9]. Эти же принципы управления используются и в аквакультуре при выращивании водорослей на искусственных рифовых конструкциях (ИРК) [10–13]. Однако на фоне ведущихся физиологических и экологических исследований наземных растений почти не изученным остается пространственная организация кроновых систем водных растений и, в частности, водорослей со сложно разветвленной структурой слоевища.

Цель настоящей работы – рассмотреть структурно-функциональную организацию кронового пространства зеленой водоросли бриопсис гипнообразный (*Bryopsis hypnoides* Lamour). Одним из аспектов рассмотрения является вопрос пространственного изменения параметров фотосинтеза в границах кронового пространства.

Материалы и методы

Слоевища бриопсиса гипнообразного (*Bryopsis hypnoides* Lamour) отбирали в августе 2006 г. с глубины 2 м в защищенном от волн участке побережья в районе радиобиологического корпуса ИнБЮМ, г. Севастополь[1]. Измеряли биомет-

1 Автор выражает благодарность сотрудникам ИнБЮМ, к. б. н. И. К. Евстигнеевой за определение систематического положения изучаемого вида водорослей и к. б. н. С. А. Ковардакову за отбор материала.

© А. В. Празукин, 2008

рические характеристики крон растений [1, 3–6]. После суточной адаптации в условиях лаборатории одно слоевище бриопсиса (рис. 1 а) помещали в стеклянный аквариум с 5 л морской воды, в которой был растворен меченый по углероду бикарбонат натрия ($NaH^{14}CO_3$) (100 мкКu/л). pH морской воды за время эксперимента оставалась на уровне 8.2. Температура воды за время опыта изменялась с 25°С до 26°С. Величина мощности солнечного излучения над поверхностью воды в аквариуме колебалась в пределах 6,75–8,68 мВт см$^{-2}$.

После окончания трехчасовой инкубации (с 11 ч до 14 ч) отмытые от радиоактивного раствора (вначале морской, а затем дистиллированной водой, вода подкислялась) растение разделяли на три группы элементов (зоны кронового пространства: ***a***, ***b***, ***c***, рис. 1 *а*, *в*) в зависимости от их расположения в кроновом пространстве слоевища. Далее элементы каждой группы разделяли на крупные сложно разветвленные «побеги» и на пучки из мало разветвленных «побегов» (рис. 1 *б*).

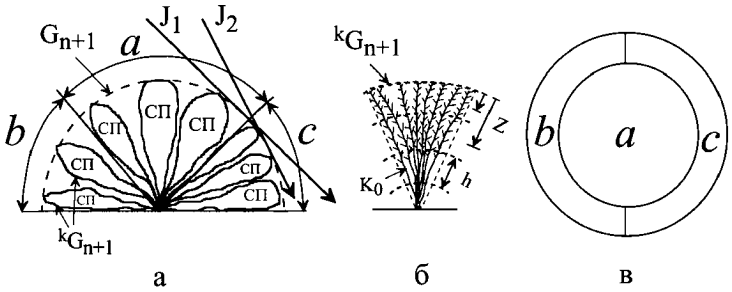


Рис. 1. Схемы структурной организации кронового пространства (вид сбоку (а) и сверху (в)) бриопсиса гипнообразного (*Bryopsis hypnoides* Lamour) и субкроновых пространств (СП), организованных пучками из мелких мало разветвленных «побегов» (б)

Условные обозначения: ***a***, ***b***, ***c*** – зоны кронового пространства; Z – расстояние от верхней границы кронового пространства (G_{n+1}) или от верхушки «побега» до середины любого концентрического слоя (КС) или до середины любого участка «побега»; h – ширина КС или участка побега; $^kG_{n+1}$ – внешняя граница субкронового пространства; K_0 – осевые структуры нулевого порядка; J_1, J_2 – примерное направление прямых лучей солнца в начале и в конце опыта.

После небольшого подсушивания «побеги», начиная с верхушки, расчленяли на отдельные горизонтальные участки с шагом (h) 2–5 мм (рис. 1 *б*) и далее высушивали (105°С) до постоянного веса и радиометрировали.

Результаты исследований и их анализ

Модели сферической и полусферической формы кронового пространства (рис. 1) хорошо отражают генетически обусловленные признаки габитуса *B. hypnoides* и наиболее типичные изменения архитектоники растения, которые обусловлены местом его произрастания и условиями внешней среды [5, 6]. Морфологическая организация отдельно взятого побега или пучка побегов бриопсиса формируется с учетом их оптимального размещения и густоты заполнения кронового пространства соответствующей формы (рис. 1 *а*, *б*). Наибольшая часть массы побега или пучка побегов формируется в его верхней половине с максимумом на расстоянии 1–2 см от верхушки (рис. 2 *а–в*), т. е. вблизи внешней границы кронового пространства. Причём верхняя и средняя части побе-

гов складываются осевыми структурами с относительно высокими значениями удельной поверхности [5, 6], а, значит, с потенциально высокими возможностями в интенсивности фотосинтеза. Как следует из рис. 2 а – в, нет явных различий в распределении W_Z/h побегов, располагающихся в центральной (***a***) и боковых (***b***, ***c***) частях кронового пространства. Отметим, что по внешнему виду кривые W_Z/h (Z) для побегов *B. hypnoides* напоминают соответствующие кривые распределения площади листьев в кронах молодых деревьев ели [8], растений кукурузы [8] и распределение массы диатомовых водорослей при их обрастании опорных структур рифовых конструкций [11, 13].

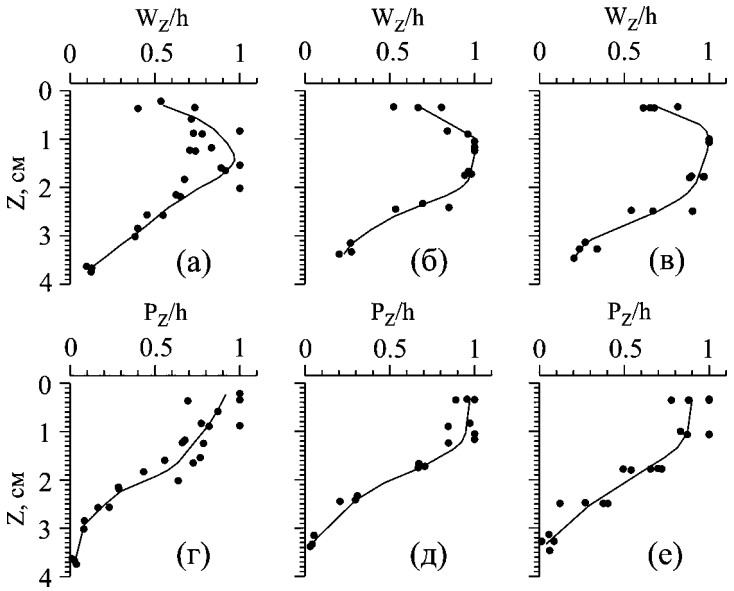


Рис. 2. Распределение фитомассы (W_Z/h, а - в) и скорости фотосинтеза (P_Z/h, г - е) по вертикальному профилю (Z) пучков «побегов» бриопсиса (*B. hypnoides*) от верхушки к основанию на разных участках кронового пространства (***a*** - а, г; ***b*** - б, д; ***c*** - в, е). W_Z/h и P_Z/h - нормированы по их максимальным величинам

По условиям эксперимента зона «с» кронового пространства получает меньше солнечной энергии, чем противоположная ей («b») и центральная («а») зоны (рис. 1 *а*), и, как следствие этого, данный участок кроны отличается более низкими значениями интенсивности фотосинтеза (μ_w, мкгС/мг сух. в./ час, рис. 3). Независимо от положения побегов в кроновом пространстве снижение интенсивности фотосинтеза от их верхушки к основанию происходит по экспоненциальной зависимости, причем на расстоянии примерно 1 см (это четвертая часть всего расстояния) от верхней границы кронового пространства μ_w снижается в 2 раза. Возможно, такой характер её изменения можно связать в первую очередь с ослаблением в кроне интенсивности света и возможностью обменных процессов между растением и окружающей его средой. Как показывают исследования [8], в кронах древесных растений интенсивность солнечной радиации снижается экспоненциально.

Как видно из рис. 2 г–е, примерно 67% от всего количества ассимилированного «побегом» углерода приходится на его верхушечную (1,3–1,5 см) часть.

Другими словами, основной фотосинтез растения осуществляется вблизи верхней границы кронового пространства в условиях наилучшего обмена веществ. Таким образом, в границах кронового пространства структура отдельного побега *B. hypnoides* формируется таким образом, чтобы его основная масса и фотосинтезирующая поверхность размещались в наиболее выгодных условиях для обмена веществ. Известно [7–9], что в пологах наземных растений максимальное количество листьев сосредоточено в верхнем ярусе, где поглощенная листьями фотосинтетически активная радиация (ФАР) близка интенсивности радиации приспособления и КПД газообмена максимальна.

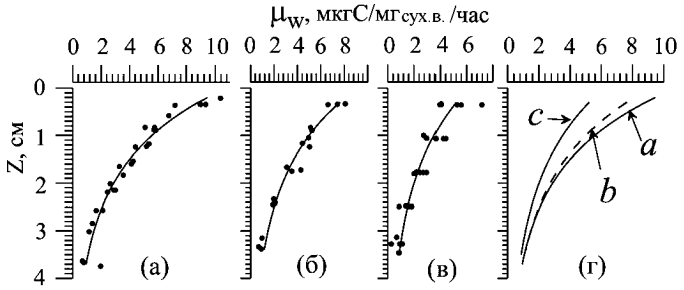


Рис. 3. Изменение интенсивности фотосинтеза (μ_W, мкгС мг$^{-1}$ ч$^{-1}$) по вертикальному профилю (Z, см) пучков «побегов» *B. hypnoides* от верхушки к основанию на разных участках кроны: ***a*** (а), ***b*** (б) и ***c*** (в). Параметры уравнений вида $\mu_W = ae^{bZ}$ представлены в таблице

Таблица

Параметры уравнений вида $\mu_W = ae^{bZ}$
(R – коэффициент корреляции, Z изменяется от 0,3 до 4 см)

Участок кронового пространства	Объём выборки	Коэффициенты уравнения		R
		a	b	
a	35	10,778	-0,658	0,98
b	32	6,181	-0,560	0,92
c	31	9,156	-0,605	0,98

Используя данные, полученные в эксперименте по фотосинтезу, и данные по распределению фитомассы по длине «побегов», проведем расчеты, позволяющие рассмотреть структуру кронового пространства в целом. Всё полусферическое пространство кроны (полусфера с радиусом 4 см) условно можно разделить на четыре равных по толщине (h = 1 см) полусферических слоя (рис. 4 *а*). Результаты расчетов представлены на рис. 4 *б*. Следует подчеркнуть, что объёмная концентрация биомассы ($C_{w,\ n+1}$) увеличивается с расстоянием от верхней границы кронового пространства к центру кроны, а это значит, что прозрачность слоёв в этом направлении снижается. С глубиной кроны снижается интенсивность фотосинтеза, рассчитанная на единицу массы (μw), и интенсивность потока углерода, рассчитанная на единицу сферических поверхностей «A», «B», «C» и «D» ($\mu_{s,n+1}$). Заслуживает внимания следующее: 1) величины интенсивности потока углерода, рассчитанные относительно сферических поверхностей «A» и «B», практически одинаковы (рис. 4 *б*). Это означает, что на протяжении одного сантиметра от границы кронового пространства интенсивность переноса углерода удерживается неизменно высокой; 2) входной поток карбонатного углерода растения на 82% определяется структурными элементами двух верхних

слоев кроны (на первый и второй соответственно приходится 44 и 38%); 3) в этих же двух слоях кронового пространства располагается 63% всей массы растения. Следовательно, можно сказать, что структура кроны бриопсиса максимальным образом ориентирована (адаптирована) на максимально возможный газообмен в соответствующих условиях среды [9].

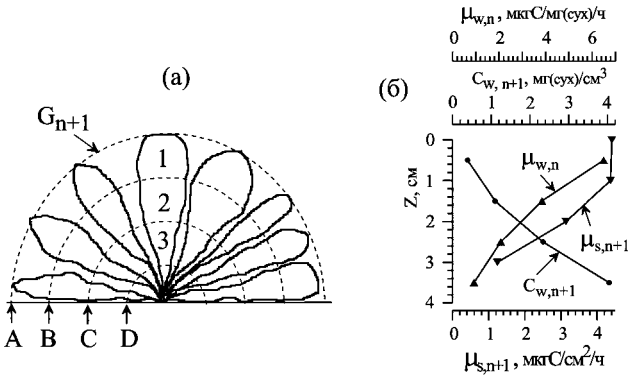


Рис. 4. а – Схема структурной организации кронового пространства бриопсиса гипнообразного (*Bryopsis hypnoides*). Пунктирной линией показаны границы полусферических слоев кронового пространства. Остальные обозначения в тексте и в подписях к рис. 1. б – Послойное изменение объемной концентрации сухой массы ($C_W(Z)$ и интенсивности фотосинтеза, рассчитанной на единицу массы ($\mu_W(Z)$, мкгС мг$^{-1}$ ч$^{-1}$) и на единицу сферической поверхности ($\mu_{S,n+1}(Z)$, мкгС см$^{-1}$ ч$^{-1}$). Z – расстояние от верхней границы кронового пространства до середины любого полусферического слоя

Таким образом, можно отметить, что пространственная организация «кроны» *Bryopsis hypnoides* максимально адаптирована к условиям распределения веществ и солнечной энергии в границах кронового пространства. Максимальное количество массы и поверхности структурных элементов слоевища сосредоточено вблизи верхней границы кронового пространства, где предположительно поглощенная ими ФАР близка интенсивности радиации приспособления, и где осуществляется основное поглощение углерода растением. Максимальная интенсивность фотосинтеза наблюдается у верхней границы кронового пространства и снижается с глубиной по экспоненциальному закону.

Литература

1. *Функциональная* морфология морских многоклеточных водорослей / К. М. Хайлов, А. В. Празукин, С. А. Ковардаков, В. Е. Рыгалов. – К.: Наук. думка, 1992. – 280 с.
2. *Хайлов К. М., Празукин А. В., Губанов В. В.* Сравнительная оценка концентрации фитомассы в обитаемом пространстве наземных и водных биокосных фитосистем // Экология. – 1996. – № 4. – С. 243–248
3. *Празукин А. В.* Структура кронового пространства слоевища черноморской бурой водоросли цистозиры (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 2. – С. 119–130.
4. *Празукин А. В.* Иерархическое членение обитаемого пространства и его заполнение биоорганическим веществом на примере черноморской водоросли цистозиры (*Cystoseira crinita* (Desf.) Bory) // Морской экологический журнал. – 2005. – Т. 4, № 3. – С. 15–36.
5. *Празукин А. В.* Различные приемы описания фитосистем разного уровня организации на примере зеленой водоросли бриопсис (Bryopsis Lamouroux) Черного моря // Морской экологический журнал. – 2007. – Т. 6, № 1. – С. 66–87.

6. *Празукин А. В.* Функциональность архитектоники кроны зеленой водоросли бриопсис (*Bryopsis hypnoides* Lamour) Черное море / Системы контроля окружающей среды: Сб. науч. тр. / НАН Украины. МГИ: - Севастополь, 2007. - С. 342- 346.
7. *Росс Ю. К.* Радиационный режим и архитектоника растительного покрова. - Л.: Гидрометеоиздат, 1975. - 342 с.
8. *Нильсон Т., Росс В., Росс Ю.* Некоторые вопросы архитектоники растений и растительного покрова. / Пропускание солнечной радиации растительным покровом. - Тарту: Ин-т астрофиз. и физики атмосферы АН ЭстССР, 1977. - С. 71- 144.
9. *Тооминг Х. Т.* Экологические принципы максимальной продуктивности посе вов. - Л. Гидрометеоиздат, 1984. - 263 с.
10. *Связь* биологических параметров фитообрастания с физическими параметрами экспериментальных "рифовых" конструкций в евтрофируемой морской акватории / К. М. Хайлов, А. В. Празукин, М. А. Рабинович, В. А. Чепурнов // Водные ресурсы. — 1994. — Т. 21 , № 2. — С. 166- 175.
11. *Празукин А. В., Хайлов К. М.* Пространственная организация полога диатомового обрастания на экспериментальных конструкциях в сравнении с другими фитосистемами // Гидробиол. журн. - 1998. - Т. 34, № 5. - С. 38- 48.
12. *Геометрические* условия заполнения гидробионтами пространств и поверхностей искусственных жилищ / К. М. Хайлов, Ю. Ю. Юрченко, Д. М. Смолев, А. В. Празукин // Успехи соврем. биологии. - 1998. — Т. 118, вып. 5. — С. 585- 596.
13. *Празукин А. В.* Формирование фитообрастаний на искусственных рифовых конструкциях // Альгология, 2001. - Т. 11. - № 1. — С. 57- 69.

О. В. Празукін
Інститут біології південних морів ім. О. О. Ковалевського НАН України,
пр. Нахімова, 2, Севастополь, 99011, Україна

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ КРОНОВОГО ПРОСТОРУ ЗЕЛЕНОЇ ВОДОРОСТІ БРИОПСИСУ (*BRYOPSIS HYPNOIDES* LAMOUR), ЧОРНЕ МОРЕ

Резюме
Розглянута структурно-функціональна організація крони слані бріопсису гіпноподібного (*Bryopsis hypnoides* Lamour). Основна маса рослини (63%) зосереджена поблизу верхньої межі кронового простору, тобто в умовах найкращого забезпечення ФАР. З глибиною крони інтенсивність фотосинтезу елементів рослини падає експоненціально.

Ключові слова: фотосинтез, водорості, архітектоніка рослини

A. V. Prazukin
Institute of Biology of the Southern Seas after A. O. Kovalevsky, NAS of Ukraine
Nakhimov Prosp., 2, Sevastopol, 99011, Ukraine

STRUCTURALLY FUNCTIONAL ORGANIZATION OF CROWN SPACE OF GREEN ALGA *BRYOPSIS HYPNOIDES* LAMOUR, THE BLACK SEA

Summary
The structurally functional crowns organization of thallus *Bryopsis hypnoides* has been researched. The general mass of plant (63 %) is near to the upper bound of crown space, in conditions of the best support of photosynthetically active radiation. The intensity of photosynthesis of plant units of is exponentially reduced with depth of crowns.

Keywords: photosynthesis, alga, architecture of a plant.

УДК 582.26(262.5)

Ф. П. Ткаченко, д-р біол. наук, проф.
Одеський національний університет, кафедра ботаніки,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ПОХОДЖЕННЯ І ОСНОВНІ РИСИ ФЛОРОГЕНЕЗУ МАКРОФІТОБЕНТОСУ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Наведено аналіз історії розвитку чорноморської альгофлори. Обговорено роль автохтонного та алохтонного елементів у її становленні. З'ясовується походження і еволюція флористичного складу водоростей-макрофітів і вищих водних рослин північно-західної частини Чорного моря.
Ключові слова: макрофітобентос, видовий склад, походження, еволюція, Чорне море.

Вступ

Розвиток флори макрофітів північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) нерозривно пов'язаний з геологічною історією даної водойми. Море у минулому то відновлювало зв'язок з океаном, то періодично його втрачало. У відповідності з цим змінювалася його солоність, а з нею і характер донної рослинності. У донних відкладах Чорного моря мало збереглося залишків водоростей-макрофітів [1]. В основному це види водоростей, у яких клітини були просочені солями кальцію і кремнію (із зелених водоростей – представники *Bryopsidales* Schaffner, а із червоних – *Corallinales* P. C. Silva et Johansen), або ж їх слані були заключені у вапняковий субстрат (деякі *Bangiales* F. Schmitz). Відносно повно історія мікрофлори Чорного моря проілюстрована і датована при вивченні викопних залишок діатомових, частково дінофітових і золотистих водоростей [2]. Про геологічне минуле водоростей-макрофітів і вищих водних рослин у флорі Чорного моря та про шляхи нинішнього формування їх видового складу відомо дуже мало [3, 11, 12]. До того ж ця інформація базується в основному не на фактичному матеріалі (аналізі викопних решток водоростей), а на порівняльній аналогії із нинішнім складом водної рослинності сучасних різнотипних водойм.

Метою даної роботи було узагальнення наявної інформації про геологічне минуле макрофітобентосу ПЗЧМ, уточнення шляхів походження і еволюції сучасної альгофлори. *Ця робота присвячується світлій пам'яті професора І. І. Погребняка.*

Геологічне минуле Чорного моря і його донної рослинності

В результаті горотворчих процесів на місці моря Тетіс у міоценовий період (12–8 млн років тому) утворився замкнений солонуватоводний Сарматський басейн. Він займав простір сучасних Чорного, Азовського, Каспійського і Аральського морів. Морська водна рослинність, успадкована від моря Тетіс, поступово вимирала, замінюючись солонуватоводною і прісноводною. Пізніше (8–5,3 млн років тому), у Меотичному морі відновлюється зв'язок з океаном, солоність

© Ф. П. Ткаченко, 2008

водойми підвищується і, відповідно, його флора знову збагачуєтья морськими видами водоростей. Потім (5,3–1,7 млн років тому) зв'язок з океаном у черговий раз переривається і на місці Меотичного виникає замкнене прісноводно-солонуватоводне Понтичне море-озеро із відповідним складом рослинності. Як вважає Т. І. Єременко [3], у цих умовах розквіту досягали зелені водорості із родів *Cladophora* Kütz., *Enteromorpha* (Link) C. Agardh, *Urospora* Kütz. та ін.

Геологічна історія лиманів Чорного моря

Лиманні акваторії сформувалися значно пізніше. Так, у середньому плейстоцені (500 тис. років тому) в опріснене Древньоевксинське море ріки впадали без утворення естуаріїв [4]. При черговому встановленні зв'язку моря з океаном у солоних Узунларському і Карангатському басейнах (150–100 тис. років тому) гирла впадаючих у море рік були затоплені. В результаті утворилися перші естуарії (лимани). Вважають, що у них були ще високі швидкості течій, мутність води, різкі коливання солоності [4]. Умови існування біоти у таких водоймах були не дуже сприятливими. У пізньому плейстоцені (25 тис. років тому) на початку останнього Вюрмського оледеніння відбулася посткарангатська регресія Понтичного басейну, що викликало глибоке врізання річкових долин на північному узбережжі моря і зміщення гирл рік далеко на південь, майже до краю шельфу [5]. Приблизно 20 тис. років тому рівень моря знова піднявся. Це призвело до формування естуаріїв сучасного типу. Виникло солонувате Новоевксинське море-озеро, яке через Азовське море і Кумо-Маничську протоку з'єднувалося зі слабо солонуватим Хвалинським басейном. За аналогією з теперішньою каспійською солонуватоводною флорою, у той період мабудь развивалися в основному зелені і деякі еврігалінні червоні водорості. На останньому етапі історії чорноморського басейну (біля 9 тис. років тому) відбулася чергова трансформація гирлових областей рік і їх естуарії набули сучасних обрисів [4].

Шляхи формування сучасної донної рослинності Чорного моря

Аналіз нинішнього складу альгофлори Чорного, Азовського і Каспійського морів [6], які були колись одним цілим у Древньому Середземномор'ї [7], показав, що у них зростають 29 спільних видів водоростей-макрофітів і 6 – вищих водних рослин. Основну групу тут складають прісноводно-солоновутоводні і солонуватоводно-морські зелені водорості: *Chaetomorpha aerea* (Dillw.) Kütz., *Ch. linum* (O. F. Müller) Kütz., *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. *var. glomerata* Kütz., *Cl. laetevirens* (Dillw.) Kütz., *Cl. sericea* (Huds.) Kütz., *Rhizoclonium hieroglyphicum* (Ag.) Kütz., *Enteromorpha ahlneriana* Bliding, *E. clathrata* (Roth) Grev., *E. compressa* (L.) Nees *var. compressa, E. flexuosa* (Wulf.) J. Ag. *subsp. flexuosa, E. intestinalis* (L.) Nees *var. intestinalis, E. linza* (L.) J. Ag., *Pringsheimiella scutata* (Reinke) Hohnel ex Marchevianka, *Ulothrix implexa* (Kütz.) Kütz.), стрептофітові (*Spirogyra sp., Chara aspera* Dethard. ex Willd., *C. polyacantha* A. Br., *C. vulgaris* L., *C. canescens* Desv. et Loisel., *C. hispida* L., *C. aculeolata* Kьtz., *Lamprothamnium papulosum* (Wallr.) J. Groves, а також червоні водорості – *Bangia atropurpurea* (Roth) C. Ag., *Ceramium diaphanum* (Lightf.) Roth, *C. siliquosum var. elegans* (Roth) G. Furnari, *Polysiphonia fibrillosa* (Dillw.) Spreng, *P. fucoids* (Huds.) Grev., *Chondrophycus paniculatus* (C. Ag.) G. Furnari. Спільними видами вищих водних рослин є наступні: *Najas marina* L., *Potamogeton pectinatus* L., *Ruppia spiralis* L., *R. cirrhosa* (Petagna) Grande., *Zostera noltii* Hornem, *Zannichellia sp.* Ця група макрофітів у лиманних і морських акваторіях

ПЗЧМ на даний час за біомасою і чисельністю займає домінуюче положення [9]. Це обумовлено тим, що більшість зелених морських водоростей – еврібіонтні організми, прісноводні за походженням і здатні існувати у дуже мінливих умовах навколишнього середовища. Вони представлені в основному однорічними і сезонними формами. Стійкими до несприятливих умов у цих водоростей є їх акінети, зиготи, спори, 1–2-клітинні паростки, які функціонують як спочиваючі структури. Таку різноманітність пристосувальних утворень ми, наприклад, спостерігали у зеленої нитчатки *Cladophora vagabunda* (L.) Hoek [8]. Ці утворення (діаспори) разом з частками сланей водоростей здатні на протязі досить довгого часу зберігати свою життєздатність, переноситися на великі відстані і проростати у відповідних умовах на новому місці [10]. Виявлені для сучасних водойм спільні види –основа флори макрофітів ПЗЧМ, очевидно, є тим залишком реліктової флори Древньоевксинського басейну Древнього Середземномор'я, який дійшов до наших днів. Для Каспійського моря число спільних видів складає 42, Азовського – 52, ПЗЧМ – 17, лиманів Північного Причорномор'я – 21, Чорного моря – 9 і Середземного – 3% від загального числа видів макрофітів даних водойм.

Відновлення зв'язку Понтичного моря із Середземним і зростання рівня його солоності (послідовно у Чаудинському, Древньоевксинському і Карангатському басейнах) в епоху голоцена сприяло формуванню сучасної морської флори з широким розповсюдженням у ній крім зелених, також бурих і червоних водоростей. Вважають, що понтичні релікти у цей період збереглися у лиманних і пригирлових акваторіях Чорного моря [11]. У відносно недавньому (100–23 тис. років тому) Новоевксинському морі-озері, у черговий раз ізольованому від океану і опрісненому, понтична флора знову зайняла домінуюче положення [3]. І, насамкінець, останній етап історії Чорного моря (23 тис. років тому – і до теперішнього часу) і його рослинності розпочався з трансгресії моря (опускання суші) і відновлення зв'язку водойми із Середземним морем [5]. Представники атлантичної і середземноморської флор знову проникають у Чорне море, і їх адаптовані форми широко розповсюджуються у ньому. Древня солонуватоводна понтична флора, представлена в основному зеленими водоростями, відтісняється у найбільш опріснені райони моря [11].

Особливості флорогенезу макроводоростей ПЗЧМ

Вивчення нинішнього стану флори макроводоростей ПЗЧМ дало можливість отримати різнобічну інформацію про її систематичний склад і характер географічного розповсюдження. Ці дані допомогають відтворити картину флорогенезу фітобентосу Чорного моря. Безумовно, для вирішення цієї задачі необхідно враховувати дані палеогеографії і палеонтології моря [12]. Як було раніше показано [11, 12], флора водоростей-макрофітів ПЗЧМ входить до складу 3-х фітогеографічних зон (арктичної, бореальної і тропічної), 7-ми підзон (арктично-бореальної, верхньобореальної, нижньобореальної, широкобореальної, бореально-тропічної, субтропічної і тропічної) і 2-х фітогеографічних груп (космополіти і ендеміки). Такий фітогеографічний склад у цілому відображає основні шляхи становлення досліджуваної альгофлори. Згідно з палеогеографічними даними [5], на протязі своєї історії Чорне море ставало то замкненим солонуватоводним морем-озером, то відкритою, зв'язаною з океаном водоймою. Проте солоність відкритого Чорного моря, очевидно, ніколи не була

близькою до океанічної. Це обумовлено великим об'ємом стоку прісних вод із річкових систем, особливо у північно-західну частину моря і утрудненим, через вузьку протоку Босфор, водообміном із Середземним морем. Можна припускати, що у періоди розпріснення у водоймі домінували зелені водорості із родів *Enteromorpha, Cladophora, Chaetomorpha* Kütz., *Rhizoclonium* Kütz., *Oedogonium* Link, *Spirogira* Link. Таку особливість ми спостерігаємо, наприклад, у нинішніх солонуватоводних акваторіях – Дністровському і Дніпровському лиманах [13]. Група червоних водоростей була невеликою, ймовірно це були бангієві водорості, а із флорідей – нечисленні види родів *Acrochaetium* Näg., *Ceramium* Roth і *Polysiphonia* Grev. Бурі водорості як найбільш вибагливі до солоності води з великою вірогідністю були відсутні, або ж були представлені лише деякими видами із родини *Ectocarpaceae* C. Agardh. У періоди відновлення зв'язку моря з океаном і наступного його осолонення риси водної рослинності ставали схожими із сучасною флорою даної водойми. Як відомо [Попов, 1983], у період від Древнього Середземномор'я до нинішнього часу на берегах Чорного моря у значній мірі змінювалися кліматичні умови: від вологих і сухих субтропіків до помірного сухостепового клімату. Періодично на його північні береги насувалися і відступали льодовики. Ядро водної флори, як і наземної рослинності [7], очевидно, сформували аркто-третичні елементи. Про це свідчить нинішній фітогеографічний склад макрофітобентосу ПЗЧМ, у якому домінують широкобореальні (30%) і нижньореальні (23%) елементи, а також помітну роль відіграють аркто- і верхньобореальна групи (12%). Холодолюбиві водорості у ПЗЧМ представлені наступними видами: *Ulothrix implexa, U. flacca* (Dillw.) Thur., *Urospora penicilliformis* (Roth) Aresch., *Monostroma obscurum* (Kütz.) J. Ag., *Spongomorpha aeruginosa* (L.) Hoek, *Enteromorpha clathrata, E. compressa var. compressa, E. muscoides* (Clemente) Cremades, *E. intestinalis var. intestinalis, E. prolifera* (O. F. Müller) J. Ag. *subsp. prolifera* (Chlorophyta); *Ceramium rubrum auctorum* Krauss., *Phyllophora brodiaei* (Turn.) J. Ag., *Phymatolithon purpureum* (P. et H. Crouan) Woelk. et Irvine, *Rhodochorton purpureum* (Lightf.) Rosenv. (Rhodophyta); *Pilayella littoralis* (L.) Kjellm., *Pseudolithoderma extensum* (P. et H. Crouan) S. Lund., *Ralfsia verrucosa* (Aresch.) Aresch. (Phaeophyta). Слід зазначити, що для даної групи видів водоростей характерна висока екологічна пластичність, і вони широко розповсюджені у більшості прибережних акваторій моря. Географічний аналіз флори водоростей-макрофітів ПЗЧМ також показує, що у її створенні велику роль відіграли південні широти, оскільки доля бореально-тропічних елементів у ній досягає 20%. Періодичне відновлення зв'язку Чорного моря із Середземним і підвищення його солоності відкривало південний (середземноморський) міграційний шлях проникнення водоростей-макрофітів. Даний елемент флори представлений у переважній більшості однорічними і сезонними літніми формами. Серед них – *Chaetomorpha aerea, Ch. linum, Ulva rigida* C. Ag., *Codium vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, *Enteromorpha flexuosa subsp. flexuosa, E. linza* (L.) J. Ag., *Pringshemiella scutata* і ін. (Chlorophyta). Бурі водорості цієї групи макрофітів представлені невеликим числом видів (*Ectocarpus arabicus* Fig. et De Not, *Feldmannia irregularis* (Kütz.) Hamel, *Dictyota dichotoma* (Huds.) J. V. Lamour. var. dichotoma, *D. linearis* (C. Ag.) Grev., *Dilophus fasciola* (Roth) M. Howe, *Padina pavonica* (L.) J. V. Lamour.). Найбільш чисельними у складі бореально-тропічного елементу флори ПЗЧМ є червоні водорості: *Chroodactylon ramosum* (Thwaites) Hansg., *Stylonema alsidii* (Zanardini) K. M. Drew, *Gelidium crinale* (Turn.) J. V. Lamour. *f. crinale, G. latifolium* (Grev.) Bornet et Thur., *Peyssonelia rubra* (Grev.) J. Ag., *Epilithon membranaceum* (Esper) J. V. Lamour., *Hydrolithon farinosum* (J. V. Lamour.) D. Penrose et Y. M. Cham-

berlain *var. farinosum, Pneophyllum fragile* Kütz., *Corallina officinalis* L., *Jania rubens* (L.) J. V. Lamour., *Gracillaria verrucosa* (Huds.) Papenf. *f. verrucosa, G. dura* (C. Ag.) J. Ag. *f. dura, Ceramium deslongchampsii* Chauv. ex Duby, *C. diaphanum, Dasya baillouviana* (S. G. Gmel.) Mont, *Polysiphonia denudata* (Dillw.) Grev. ex. Harv., *P. pulvinata* Kütz., *Chondria dasyphylla* (Woodw.) C. Ag., *Ch. capillaries* (Huds.) M. J. Wynne, *Chondrophycus papillosus* (C. Ag.) Garbary et J. Harper і *Laurencia obtusa* (Huds.) J. V. Lamour.

Нами встановлено, що на даний час у складі зелених водоростей ПЗЧМ нараховується 67,7% видів, спільних із флорою Середземного моря, і 69,4% – спільних із флорою акваторій біля Британських островів [6]. У ПЗЧМ зростає ряд видів зелених водоростей, які відносяться до холодноводного комплексу, вони зустрічаються біля берегів Великобританії, але відсутні у Середземному морі. Це такі види як *Monostroma obscurum* (Kütz.) J. Ag., *Ulothrix tenuissima* Kütz., *Spongomorpha arcta* (Dillw.) Kütz. і ін. В одночас тут є декілька видів нижньобореального елементу, характерних для Середземного моря, але відсутніх у північній Атлантиці. Серед них *Bryopsis adriatica* (J. Ag.) Menegh., *B. duplex* De Not, *Chaetomorpha gracilis* Kütz. і *Cladophora vadorum* (Aresch.) Kütz. Лише два види зелених водоростей (*Cladophora siwaschensis* C. Meyer і *Enteromorpha maeotica* Pr.-Lavr.) – ендеміки Чорного моря – зустрічаються у ПЗЧМ. Особливістю флори зелених водоростей ПЗЧМ є наявність тут дев'яти видів солонуватоводного комплексу, відсутніх у морях з нормальною солоністю. Це представники родів *Spirogyra* Link in Nees, *Chara* L., *Nitella* Ag. emend A. Br., *Lamprothamnion* Grov. і *Tolypella* (A. Br.) A. Br. Надзвичайно висока схожість складу бурих водоростей ПЗЧМ і Середземного моря – 95,1% спільних видів. Лише *Ectocarpus arabicus* і *Pseudolithoderma extensum* не виявлені у Середземному морі. Така ж єдність флори червоних водоростей (*Ceramiales* Gray) ПЗЧМ і Середземного моря [6] – число спільних видів складає 97,5%. Наведені дані ще раз підтверджують зазначений і іншими дослідниками [14, 15, 16] алохтонний характер альгофлори Чорного моря. Проте біля 15% видового складу водоростей ПЗЧМ є автохтонними за походженням.

У відповідності із даними О. І. Толмачова [17], який вважав, що чим молодша флора, або чим більш радикальніші зміни відбувалися у ній у недавньому минулому, тим виразніше у даній флорі переважають види обмеженої кількості родин. Дійсно, такими у альгофлорі ПЗЧМ є наступні родини: *Cladophoraceae* Wille in Warm. (22 вида), *Rhodomelaceae* F. Aresch. (18), *Ceramiaceae* Gray (15), *Ulvaceae* Lamour. ex Dumort (14), *Corallinaceae* J. V. Lamour. (11), *Ectocarpaceae* C. Ag. (7), *Chaetophoraceae* Grev. (7), *Characeae* Gray (7), *Ulotrichaceae* Kütz. emend Borzi (6) і *Acrochaetiaceae* F. E. Fritch ex W. R. Taylor (4). Дані родини включають у себе біля 60% видів водоростей-макрофітів ПЗЧМ.

Північно-західна частина Чорного моря являє собою широку шельфову зону, яка утворилася у відносно недавній час. Це затоплена морем суша із міжрічковими підвищеннями і долинами прарік Дунаю, Сарати, Дністра, Дніпра і Каланчака [5]. Очевидно, ця обставина також є одним із факторів, обумовлюючих відносну бідність видового складу альгофлори даного району – біля 60% від усієї флори Чорного моря [9].

Висновок

Сучасне становлення макрофітобентосу північно-західної частини Чорного моря відбувається в основному за рахунок мігрантів із Атлантики, Середземного моря і від прикримських берегів та частково включає деякі космополітні види

водоростей. Флора лиманних акваторій за походженням в основному прісноводна, але за наявності їх зв'язку з морем і відповідного рівня солоності вона значно збагачується морськими видами.

Алохтонний елемент флори водоростей-макрофітів досліджуваного району моря складає 85%, а автохтонний – 15%.

Література

1. *Іщенко А. А.* Основні напрямки вивчення викопних водоростей // Укр. ботан. журн. – 1985. – Т. 42, № 6. – С. 71–77.
2. *Нестерова Д. А.* Фитопланктон Черного моря: геологическое прошлое, географическое распространение видов и влияние речного стока // Альгология. – 2003. – Т. 13, № 4. – С. 428–446.
3. *Еременко Т. И.* Генезис и характерные черты современного состояния макрофитобентоса в северо-западной части Черного моря // Наук. зап. Тернопільського педуніверситету. Серія: біологія. Спеціальний випуск: гідроекологія. – 2001. – 3 (14). – С. 129–131.
4. *Днепровско-Бугская* эстуарная экосистема / Отв. ред. Ю. П. Зайцев. – К.: Наук. думка, 1989. – 238 с.
5. *Емельянов В. А., Митропольский А. Ю., Наседкин Е. И.* и др. Геоэкология черноморского шельфа Украины. – К.: Академпериодика, 2004. – 296 с.
6. *Ткаченко Ф. П.* Макрофітобентос північно-західної частини Чорного моря (флора, розповсюдження, екологія, перспективи практичного використання): Автореф. дис... д-ра біол. наук: 03.00.05-ботаніка / Київ. нац. ун-т. – К., 2007. – 35 с.
7. *Попов М. Г.* Филогения, флорогенетика, флорогеография, систематика. Избранные труды в 2 ч. Ч. 1. – К.: Наук. думка, 1983. – 280 с.
8. *Ткаченко Ф. П.* Особенности биологии *Cladophora vagabunda* (L.) Hoek (*Chlorophyta*) // Альгология. – 1991. – Т. 1, № 4. – С. 23–28.
9. *Ткаченко Ф. П.* Видовой состав водорослей-макрофитов северо-западной части Черного моря // Альгология. – 2004. – Т. 14, № 3 . – С. 277-293.
10. *Ткаченко Ф. П.*, *Ковтун О. О.* Нові знахідки макрофітів у Тилігульському лимані Чорного моря // Вісн. ХНАУ. Сер. біологія. – 2004. – Вип. 1 (4). – С. 108–115.
11. *Погребняк И. И.* Донная растительность лиманов северо-западного Причерноморья и сопредельных им акваторий Черного моря: Автореф. дис... д-ра биол. наук: 03.00.05 / Одес. гос. ун-т.– Одесса, 1965. – 31 с.
12. *Калугина-Гутник А. А.* Фитобентос Черного моря. – К.: Наук. думка, 1975. – 247 с.
13. *Ткаченко Ф. П.* Многолетние изменения макрофитобентоса Днепровского и Бугского лиманов Черного моря // Вісн. ХНАУ. Сер. біологія. – 2004. – Вип. 2 (5). – С. 7–14.
14. *Шперк Г. Ф.* Очерки альгологической флоры Черного моря в систематическом, морфологическом и физиологическом отношениях // Приложение к протоколам заседаний совета Харьков. ун-та. – 1869. – 160 с.
15. *Переяславцева С. М.* Материалы для характеристики флоры Черного моря // Зап. СПб. АН. – 1910. – Т. 25. – сер. 8, № 9. – С. 1–39.
16. *Северо-западная* часть Черного моря: биология и экология / Отв. ред. Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева. – К.: Наук. думка, 2006. – 701 с.
17. *Толмачев А. И.* Введение в географию растений. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 244 с.

Ф. П. Ткаченко
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра ботаники,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ФЛОРОГЕНЕЗА МАКРОФИТОБЕНТОСА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Резюме
Приведен анализ истории развития черноморской альгофлоры. Обсуждается роль автохтонного и аллохтонного элементов в ее становлении. Выясняется происхождение и эволюция флористического состава водорослей-макрофитов и высших водных растений северо-западной части Черного моря.

Ключевые слова: макрофитобентос, видовой состав, происхождение, эволюция, Черное море.

F. P. Tkachenko
Odessa National I. I. Mechnikov University,
Department of Botany
Dvoryanskaya, Str., 2, 65026, Ukraine

ORIGIN AND BASE TRAITS OF MACROPHYTOBENTHOSE FLORAGENESIS OF THE NORTHWESTERN PART OF THE BLACK SEA

Summary
The history of development of the Black Sea algoflora is analyzed. The role of autochthonous and allochthonics elements in its formation is discussed. The origin and evolution of floristic composition of seaweeds and high water plants the of northwestern part of the Black Sea is cleared up.

Keywords: macrophytobenthos, species composition, origin, evolution, the Black Sea.

УДК 576.2: 282.232/275

Ф. Б. Шкундина, д-р биол. наук, проф., **Г. А. Гуламанова**, ассист.
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Башкирский государственный университет,
Россия, 450074, Уфа, ул. Фрунзе, 32

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ ОЗЕР РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

На протяжении последних 30 лет изучен фитопланктон разнотипных озер Республики Башкортостан (РБ). На основании проведенных исследований сделан вывод о нарастании степени антропогенного эвтрофирования.
Ключевые слова: эвтрофирование, водоросли, численность и биомасса фитопланктона, пойменные, карстовые и тектонические озера, Республика Башкортостан.

Эвтрофирование — это увеличение уровня биологической продуктивности, связанное в первую очередь с накоплением в озерах питательных веществ. Это ускоряет естественный ход процесса обмеления и зарастания озер в десятки и сотни раз. Причиной эвтрофирования является антропогенное воздействие, как на само озеро, так и на его водосбор [1, 2, 3].

Антропогенное эвтрофирование является одной из глобальных экологических проблем. Согласно выводам Международной программы по глобальной оценке водных ресурсов (UNEP-GIWA), эвтрофирование рек, озер и водохранилищ рассматривается как острая проблема для половины водных ресурсов земного шара.

В результате антропогенного эвтрофирования повышается скорость новообразования органического вещества, продукция преобладает над деструкцией, и биомасса экосистемы возрастает. В воде появляются токсические соединения (продукты жизнедеятельности водорослей и сопутствующих им бактерий) и большое количество органических веществ. Вода приобретает неприятный запах. Возникает дефицит растворенного кислорода.

Усиление темпов эвтрофирования озер РБ за последние 50 лет тесно связано с интенсификацией сельского хозяйства, а также с развитием рекреационного использования, в первую очередь, на территориях национальных и природных парков.

Цель работы: изучить многолетнюю динамику фитопланктона разнотипных озер РБ. По результатам, полученным в ходе исследования, определить степень антропогенного эвтрофирования.

Материалы и методы исследования

Методика сбора и обработки материала соответствовала общепринятым подходам в изучении водорослей [4].

Пробы фитопланктона отбирались систематически в летний период с 1979 по 2007 гг. батометром Руттнера. Пробы объемом 0,5 л фиксировали 40% раствором формалина и концентрировали общепринятым осадочным способом с последующим отцеживанием до 50 мл [5, 6]. Количественные пробы просчитывали

 © Ф. Б. Шкундина, Г. А. Гуламанова, 2008

в камере Нажотта объемом 0,01 см^3 с использованием светового микроскопа (Микмед-1).

При исследовании количественных проб фитопланктона пересчет численности организмов на 1 л воды производили по формуле:

$$N = K \cdot \frac{n \cdot A \cdot v \cdot 1000}{a \cdot V},$$

где N – количество организмов в литре воды исследуемого водоема; K – коэффициент, показывающий во сколько раз объем счетной камеры меньше 1 см^3; n – количество организмов, обнаруженных на просмотренных дорожках (квадратах); A – количество дорожек (квадратов) в счетной камере; a — количество дорожек, на которых производился подсчет водорослей; v – первоначальный объем отобранной пробы (см^3); V – объем концентрата пробы (см^3).

Биомассу фитопланктона определяли расчетно-объемным методом. Наиболее точным считается стереометрический метод [5].

Для определения степени органического загрязнения использовали систему определения сапробности, предложенную Р. Кольквитцем и М. Марссоном, в последующей модификации Сладечека [4, 7]. Виды-индикаторы в этой системе разделены на 4 основные группы в соответствии с величиной их индивидуального индекса сапробности (s) от ксеносапробов (s = 0–0,5), обитатели чистых вод, до полисапробов (s = 3,5–4,0), предпочитающих воды, богатые органикой. Индекс сапробности рассчитывали по формуле:

$$S = \sum s \cdot h \Big/ \sum h,$$

где S – индекс сапробности сообщества водорослей; s – индикаторная значимость вида; h – относительная встречаемость. Частоту встречаемости вида-индикатора определяли по 9-балльной шкале [8].

Для определения трофического статуса озер использовали показатели прозрачности воды. Прозрачность определяли полевым методом с использованием диска Секки (международный стандарт ИСО 7027) [9], расчет производили по формуле:

$$TSI = 60 - 14{,}41 \cdot \ln Secchi\ (m),$$

где *Secchi* – прозрачность воды по диску Секки [10].

По происхождению озера РБ делятся на три группы: тектонические озера (озеро Яктыкуль); карстовые водоемы (озера Асликуль и Кандрыкуль); пойменные озера (озера Шамсутдин, Кулеш, Ширень, Исяккуль, Узить, Татыш, Упканныкуль).

По степени минерализации вод они разделяются на олигогалинные (слабозасоленные Кандрыкуль, Асликуль) и пресноводные. Грунты в этих озерах преобразовались в сапропель, который может использоваться или уже используется в лечебных целях.

Для оценки степени эвтрофирования озер РБ в течение последних 30 лет авторами был изучен фитопланктон [11, 12, 13].

Результаты и их обсуждение

Карстовые и тектонические озера национальных парков и памятников природы. Все эти водоемы имеют большое природоохранное значение, уникальный растительный и животный мир. Фитопланктон этих озер образован, в основном,

диатомовыми, зелеными, динофитовыми водорослями и цианопрокариотами. Зимой наблюдается минимум биомассы и разнообразия фитопланктона. Весной начинается массовое размножение диатомовых, затем на смену им приходят зеленые и цианопрокариоты, а в Кандрыкуле в конце лета — динофитовые. Осенью наблюдается вторая вспышка в размножении диатомовых. Фитобентос (придонные сообщества) в озерах обычно хорошо развит. Часто в нем отмечаются харовые водоросли.

Самое крупное озеро в республике – озеро Асликуль. Национальный парк «Аслыкуль» образован в 1993 г., площадь 47,5 тыс. га, охранной зоны не имеет, создан с целью сохранения уникальной флоры и фауны озера.

Озеро Асликуль образовалось на месте гигантского карстового провала. Наибольшая длина озера – 8 км, ширина – 5 км, глубина не превышает 5–6 м, только в немногих местах достигает 7 м, площадь — 18 км^2. В фитопланктоне озера по численности доминируют зеленые, а по биомассе – диатомовые водоросли. Биомасса фитопланктона изменялась в период с 1985 по 1995 год от 6,6 до 21,08 г/м^3, а численность от 3396 до 8926 тыс. кл/л. В 2004 г. средняя численность летом составила 10572 тыс. кл/л. Эти показатели характеризуют значительную степень эвтрофирования оз. Асликуль. Доминировали *Asterionella* Hass., *Cyclotella* Kütz., *Amphora* Ehr. из диатомовых водорослей, из цианопрокариот — роды *Merismopedia* (Meyen) Elenk. и *Oscillatoria* (Vauch. ex Gom.).

Природный парк «Кандрыкуль» образован в 1995 г. на базе акватории одноименного озера и прилегающей к нему водосборной площади, включая сельскохозяйственные земли и земли государственного лесного фонда. Озеро бессточное, пополнение воды происходит за счет атмосферных осадков, грунтовых вод, многочисленных родников. На дне обнаружены лечебные грязи. Преобладающие грунты в озере – заиленные пески с галькой. Вода немного солоноватая. Около 15% площади водоема покрыто подводной растительностью.

В прибрежно-водной растительности широко представлены харовые водоросли. В фитопланктоне цианопрокариоты доминируют по численности на протяжении всего вегетационного периода. По биомассе господствуют динофитовые, хотя иногда могут преобладать диатомовые водоросли и цианопрокариоты. Биомасса фитопланктона изменялась от 6,2 до 175,8 мкг/см^2, что значительно ниже, чем в озере Асликуль. Доминирующими родами были в 1979–1981 гг.: *Ceratium* Schrank, *Asterionella* Hass., *Melosira* Ag., *Dinobryon* Ehr., *Microcystis* (Kütz.) ex Lemm., *Scenedesmus* Meyen и др.; 1985–1986 гг. — *Cyclotella* Kütz., *Ceratium* Schrank, *Asterionella* Hass. и представители золотистых водорослей и цианопрокариот. В 2003–2004 гг. появилось пятно «цветения» водорослей. На отдельных створах интенсивно развивались эвгленовые водоросли; динофитовые и золотистые обнаруживались единично. Из цианопрокариот интенсивно вегетировали представители родов *Merismopedia* (Meyen) Elenk. и *Gloeocapsa* (Kütz.) Hollerb. Другим закономерным признаком антропогенных нарушений является уменьшение количества харовых водорослей в этом типично «харовом» водоеме.

Озеро Яктыкуль характеризуется наиболее низкими значениями количественных показателей фитопланктона среди обследованных озер. Здесь численность фитопланктона варьировала от 684 тыс. кл/л до 816 тыс. кл/л, а биомасса – от 1,10 г/м^3 до 1,39 г/м^3. Наиболее четко выражено преобладание диатомовых водорослей.

Особенности пойменных озер. Нами были обследованы и пойменные озера реки Белой – Шамсутдин, Кулеш, Ширень, Исяккуль, Узить, Татыш [12, 13],

расположенные в северо-западной части Башкортостана. Озера Шамсутдин, Кулеш, Татыш, Ширень — на левобережье , а озера Узить, Исяккуль – на правобережье р. Белой. Они – старицы, образовались на месте покинутого рекой русла. Такие озера в первую очередь подвергаются антропогенному эвтрофированию. Доминирование по числу видов представителей отдела *Chlorophyta* отличает вышеперечисленные пойменные озера от карстовых озер Кандрыкуль и Асликуль, где диатомовые и зеленые были представлены в одинаковом количестве. По численности доминирующий комплекс был представлен: в оз. Шамсутдин — *Microcystis pulverea* (Wood) Fotri emend. Elenk., *Anadaena spiroides* Kleb, *Scenedesmus quadricauda* Breb.; в оз. Кулеш — *Microcystis pulverea, Fragilaria crotonensis* Kitt., *Bumilleria clebsiana* Pasch.; в оз. Ширень — *Microcystis pulverea, Fragilaria intermedia* Grun., *Fragilaria magoscyi* Lacsny; в оз. Исяккуль — *Microcystis pulverea, Fragilaria intermedia, Gloeocapsa minor* (Kütz.) Hollerb. *var. minor;* в оз. Узить — *Microcystis pulverea, Melosira granulata* Ag., *Oscillatoria chalybea* (Mert.) Gom.

В озере Татыш преобладали зеленые водоросли и цианопрокариоты, по биомассе – зеленые и диатомовые водоросли. В разные годы (2005–2007) численность фитопланктона варьировала от 7452 тыс. кл/л до 9216 тыс. кл/л, биомасса – от 10,44 г/м^3 до 16,19 г/м^3.

К пойменным озерам относится и озеро Упканныкуль (Упкан). Озеро не очень глубокое (не более 5 м), наиболее мелководно в северной и южной части (1–2 м), где растет редкое реликтовое растение – водяной орех. В связи с этим озеро Упканныкуль объявлено памятником природы. Обитают эти растения в прибрежной зоне водоема, здесь же много плавающих листьев кубышки желтой, кувшинки белой, гречихи земноводной.

В фитопланктоне озера Упканныкуль преобладали *Melosira* Ag. и *Ankistrodesmus* Corda. Численность фитопланктона изменялась от 3960 до 4896 тыс. кл/л, а биомасса – от 1,54 до 1,49 г/м^3. Озеро Упканныкуль может быть отнесено к мезотрофному типу.

Средние за вегетационный период показатели численности и биомассы пойменных озер в сравнении с карстовым озером Кандры-куль представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели значений численности и биомассы фитопланктона за вегетационный период в 90-е годы

Озера	Средняя численность (тыс. кл/л)	Средняя биомасса (г/м^3)
Шамсутдин	6417	4,30
Кулеш	7702	2,04
Ширень	4109	2,32
Исяккуль	6601	3,60
Узить	10031	3,90
Кандрыкуль	84050	6,88

Для определения трофического статуса этих озер мы использовали индексы, основанные на предположении, что определенные систематические группы фитопланктона показывают различные уровни обогащения биогенными элементами. Индексы трофности были наименьшими в озере Исяккуль, которое расположено в лесу и редко посещается рыбаками. Наиболее эвтрофированным было озеро Кандрыкуль. При использовании фитопланктона как показателя пойменные озера образовывали следующий ряд в порядке возрастания степе-

ни антропогенного эвтрофирования: Исяккуль – Кулеш – Шамсутдин и Ширень – Узить.

И по родам и по видам высокий уровень органического загрязнения отмечался в Кандрыкуле. В Исяккуле состав фитопланктона показал низкие уровни органического загрязнения, т. к. оно расположено в лесной зоне и в меньшей степени используется в рекреационных целях.

Степень антропогенного воздействия на экосистемы озер определяли по водорослям – индикаторам сапробности (табл. 2).

Таблица 2

Среднее арифметическое индекса сапробности в обследованных озерах в 90-е годы

Шамсутдин - 1,29	Узить - 1,85
Ширень - 1,70	Исяккуль - 1,89
Кулеш - 1,80	Кандрыкуль - 1,55

Последние исследования фитопланктона озер РБ проводились в июле–августе 2005–2007 гг. в 5 различных по происхождению водоемах (пойменных – оз. Татыш, Шамсутдин, карстовых – Кандрыкуль, Асликуль, тектоническом – Яктыкуль). Так, в пробах большинства серий по численности доминировали *Chlorella vulgaris* Beijer, *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. и *Ceratium hirundinella* (O. F. Müll.) Bergh. Следует отметить, что количественные показатели фитопланктона менялись в широких пределах. Так, наибольшими показателями характеризовался фитопланктон пойменного оз. Татыш, а наименьшими – тектонического оз. Яктыкуль. Был рассчитан трофический индекс Карлсона по прозрачности воды. В целом, по индексу TSI трофность исследованных озер уменьшалась в ряду Татыш (пойменное, эвтрофное – 58,3) → Шамсутдин (пойменное, эвтрофное – 54,4) → Яктыкуль (тектоническое, в прибрежной части мезотрофное – 45,9, в глубоководной части – олиготрофное – 29,6) → Кандрыкуль (мезотрофное – 44,5) → Асликуль (олиготрофное – 36,9). Значения количественных показателей свидетельствуют и о разной степени трофии исследованных озер. Так, трофический статус озер повышается в ряду Яктыкуль → Асликуль → Кандрыкуль → Шамсутдин → Татыш. При этом слабоэвтрофные — эвтрофные условия с преобладанием цианобактериально-хлорококкового комплекса и представителей диатомовых водорослей характерны для пойменных озер Шамсутдин и Татыш. В то же время карстовые озера Асликуль и Кандрыкуль и тектоническое озеро Яктыкуль тяготеют к мезо-олиготрофии с преобладанием в составе фитопланктона диатомовых и зеленых водорослей, а также немногих представителей из отделов цианопрокариот и динофитовых.

Следует отметить, что количественные показатели фитопланктона менялись в широких пределах. Так, наибольшими показателями характеризовался фитопланктон пойменного оз. Татыш, а наименьшими – тектонического оз. Яктыкуль. Нами был проведен корреляционный анализ биомассы фитопланктона (как биологического показателя степени эвтрофирования) с прозрачностью воды (как физического показателя). Результаты расчета показали слабую отрицательную корреляцию биомассы фитопланктона с прозрачностью воды ($r = -0,32$).

Согласно шкале трофности Р. Волленвайдера исследованные озера расположилась по убыванию: Татыш (пойменное, высокоэвтрофное – 13,36 г/м^3)

→ Шамсутдин (пойменное, эвтрофное – 8,78 г/м^3) → Кандрыкуль (карстовое, мезотрофное – 2,75 г/м^3) → Асликуль (карстовое, мезотрофное – 1,75 г/м^3) → Яктыкуль (тектоническое, мезотрофное – 1,24 г/м^3).

Была использована также шкала эколого-санитарного состояния исследованных озер. Согласно классификации качества поверхностных вод с экологических позиций в странах Евросоюза и СНГ [7], по показателям биомассы фитопланктона оз. Татыш соответствует классу загрязненных, разряду сильно загрязненных вод, оз. Шамсутдин – классу загрязненных, разряду умеренно загрязненных вод, оз. Кандрыкуль – классу вод умеренной чистоты, разряду слабо загрязненных, оз. Асликуль и Яктыкуль – классу умеренной чистоты, разряду достаточно чистых вод.

Выводы

1) Проведенные нами исследования показали усиление антропогенного эвтрофирования пойменных озер РБ вследствие усилившегося рекреационного использования. Видовой состав с преобладанием цианопрокариотно-хлорококкового комплекса и количественные показатели развития фитопланктона позволяют отнести эти озера к водоемам мезо-эвтрофного типа.

2) Для карстовых и тектонических озер, расположенных на особо охраняемых природных территориях, характерно снижение степени эвтрофирования до мезо-олиготрофного типа. В составе фитопланктона этих озер преобладают представители отделов *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*, а также немногие виды синезеленых (*Cyanoprokaryota*) и динофитовых (*Dinophyta*) водорослей.

Литература

1. Экология зарастающего озера и проблема его восстановления. – С.Пб.: Наука, 1999. - 222 с.
2. Водные объекты в условиях техногенеза: методология мониторинга и критерии допустимой нагрузки / В. Г. Драбкова, М. Я. Прыткова, С. А. Кондратьев, Т. П. Гронская, Л. В. Ефремова, Н. В. Игнатьева, И. Н. Сорокин, Г. А. Алябина. – С.Пб.: Изд. НИИХ СПбГУ, 1988. - 68 с.
3. *Churski Z.* Eutrophication and disappeareance of lakes in the Brodnica Lake District, Northern Poland, as a result of human interference // Hydrobiologia. – 1998. - Vol. 103. – P. 165- 168.
4. *Вассер С. П., Кондратьев Н. В., Масюк Н. П.* и др. Водоросли. Справочник – К.: Наукова думка, 1989. - 608 с.
5. *Киселев И. А.* Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. - Л.: Наука, Ленингр. отделение, 1980. - 440 с.
6. *Федоров В. Д.* О методах изучения фитопланктона и его активности. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. - 168 с.
7. *Баринова С. С., Анисимова О. В., Медведева П. А.* Водоросли - индикаторы в оценке качества окружающей среды. - М.: ВНИИПрироды, 2000. - 150 с.
8. *Абакумов В. А.* Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – С.Пб.: ГМИ, 1992. - 318 с.
9. *Руководство* по определению показателей качества воды полевыми методами / Под ред. А. Г. Муравьева. - С.Пб.: Крисмас; Санкт-Петербург, 2004. - С. 48- 52.
10. *Carlson R. E.* More complications in the chlorophyll-Secchi disk relationship. Limnology and Oceanography. 1980. - P. 378- 382.
11. *Шкундина Ф. Б.* Оценка степени эвтрофирования озера Кандры-Куль на основе флористического соства фитопланктона // Гидробиологический журнал. – 1985. – Т. 21, №2. - С. 91- 95.
12. *Шкундина Ф. Б., Денисова Н. В.* Фитопланктон как показатель антропогенного эвтрофирования пойменных озер реки Белой // Вестник Башк. Ун-та. – 2002. – №2. - С. 62- 66.

13. *Шкундина Ф. Б., Денисова Н. В.* Изменение трофической структуры озер Башкортостана под влиянием различных форм урбанизации // Проблемы региональной экологии. – 2002. – № 5. – С. 7–11.

Ф. Б. Шкундина, Г. А. Гуламанова
ГОУ ВПО Башкирський державний університет,
Росія, 450074, Уфа, вул. Фрунзе, 32

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ АНТРОПОГЕННОГО ЕВТРОФІКУВАННЯ ОЗЕР РЕСПУБЛІКИ БАШКОРТОСТАН

Резюме
На протязі останніх 30 років досліджували фітопланктон різнотипових озер Республіки Башкортостан. На основі проведених досліджень зроблено висновок про наростання ступеня антропогенної евтрофікації.

Ключові слова: евтрофікування, водорості, численність і біомаса фітопланктону, пойменні, карстові і тектонічні озера, Республіка Башкортостан.

F. B. Shkundina, G. A. Gulamanova
Bashkir State University,
450074, Ufa, Russia, Frunze Str, 32

THE BASIC TENDENCIES OF HUMAN EUTROPHICATIONOF THE LAKES OF REPUBLIC BASHKORTOSTAN

Summary
Species composition and quantity of phytoplankton of polytypic waters on the territory of Bashkortostan were investigated. Human eutrophication of the lakes was increased.

Keywords: eutrophikation, algae, quantity and biomass of phytoplankton, inundated, the karstic and tectonic lakes, Republic Bashkortostan.

ГІДРОБІОЛОГІЯ І ЕКОЛОГІЯ

УДК 591.59.5(477.7-218.4)

С. М. Снигирев, науч. сотрудник
Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
Региональный центр экологического мониторинга природной среды,
Биологический факультет, кафедра гидробиологии и общей экологии
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ИХТИОФАУНА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ

В период исследований 2003- 2007 гг. в прибрежных водах острова Змеиный обнаружено 49 видов рыб, принадлежащих к пяти экологическим и зоогеографическим группам. По результатам научно-исследовательских ловов и подводных наблюдений, приведены данные о численности рыб.
Ключевые слова: ихтиофауна, экологическая и зоогеографическая характеристика, остров Змеиный.

В настоящее время изучение ихтиофауны Черного моря проводят исследователи всех причерноморских стран, что в целом позволяет отслеживать изменения, происходящие в ихтиоценозах черноморского региона. В то же время, исследование фауны в условиях антропогенного пресса на экосистему моря остается по-прежнему актуальным. Особый интерес представляет изучение тех районов, которые характеризуются разнообразием гидролого-гидрохимических условий. В северо-западной части Черного моря таким районом является акватория Дунай-Днестровского междуречья, и, в частности, уникальный природный комплекс — прибрежные воды острова Змеиный [2, 9]. До недавнего времени данные о структуре сообщества рыб прибрежных вод острова в литературе отсутствовали [4]. Поэтому целью исследований явилось изучение видового состава ихтиофауны прибрежной части акватории острова Змеиный.

Материал и методы исследования

Материал собирали в прибрежных водах у острова Змеиный с 2003 по 2007 год. Лов рыбы в прибрежных водах острова проводили жаберными сетями, ловушками, вентерями, мальковым кругом, удой и сачком. Сети (длина 100 м, размер ячеи 20–45 мм) выставляли с лодки параллельно берегу на расстоянии от 2 до 300 м от уреза воды (глубина 1,5–25 м). Сети проверяли один раз в сутки. У берега рыбу облавливали также ловушками прямоугольной формы с двумя отверстиями по бокам и двойным вентерем длиной 3 м (размер ячеи 8 мм). Продолжительность лова этими орудиями составляла от двух до трех суток. Кроме того, на мелководье применяли мальковый круг, крючковые снасти и большой аквариумный сачок. За все время исследований проанализировано свыше 500 уловов рыбы.

Определение видового состава ихтиофауны проводили в полевых условиях по [8, 11, 12, 13]. Таксономическая принадлежность рыб представлена по международному электронному каталогу Fishbase. Экологическая и зоогеографическая характеристика приведены по публикациям [7, 8]. Степень сходства видовых списков рыб оценена по индексу видового сходства Соренсена [6].

© С. М. Снигирев, 2008

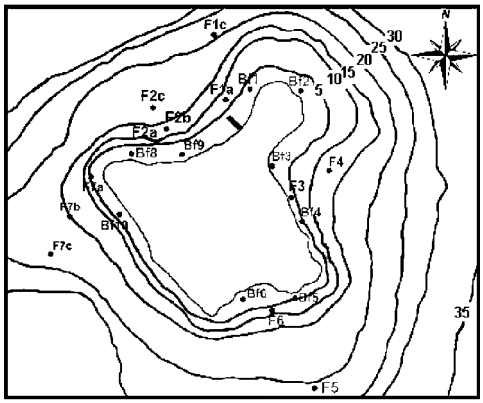


Рис. 1. Схема расположения ихтиологических станций в прибрежной части акватории острова Змеиный

Примечания: - 5- .... - 35- изобаты с глубинами; F1 - F7 - ихтиологические станции на глубине от 5 до 25 м; Bf1 - Bf10 - прибрежные ихтиологические станции на глубине менее 2 м.

Для количественной оценки величины встречаемости рыб в районе острова выбраны следующие категории: очень редкие виды – наблюдались единичные экземпляры рыб за весь период исследований; редкие виды – единичные экземпляры в течение одного года исследований; обычные виды – до 100 экземпляров за один год исследований; доминантные массовые виды – более 100 экземпляров за один год исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

В районе острова Змеиный в течение пяти лет нами обнаружено 49 видов рыб, принадлежащих к 12 отрядам, 29 семействам и 40 родам. Из них 20 видов встречались как на значительном удалении от берега (до 4 км), так и в прибрежной зоне. Непосредственно в прибрежной части акватории острова отмечено 48 видов рыб (табл.1).

Наибольшее число таксонов включает отряд окунеобразные Perciformes — 13 семейств, 20 родов и 26 видов (табл. 1). Представители этого отряда составляют более половины всех видов, обнаруженных в изучаемой акватории, и являются основой ихтиоценоза прибрежных вод острова. Отряд камбалообразные Pleuronectiformes в районе острова представлен 3 семействами, 3 родами и 3 видами. В отряды скатообразных Rajiformes, сельдеобразных Clupeiformes и трескообразных Gadiformes входят по 2 семейства, в них 2, 3 и 2 рода соответственно, в каждом из которых по одному виду. Отряды осетрообразные Acipenseriformes, иглообразные Syngnathiformes и колбнещукообразные Gobiesociformes содержат по 1 семейству, по 2 рода в каждом, в которых 2, 5 и 2 вида соответственно. Остальные 4 отряда включают по 1 семейству, по 1 роду и 1 виду.

Подавляющее большинство обнаруженных в районе острова рыб (93,9%) относятся к жилым видам. Остальные принадлежат к проходным. При этом большинство видов (75%) являются демерсальными, ведут донный и придонный образ жизни. Группа пелагических рыб представлена гораздо меньшим количеством видов (25%).

Таблица 1

Таксономический состав ихтиофауны акватории острова Змеиный, её эколого-зоогеографическая характеристика, встречаемость видов

Таксономический состав	Группа	Встречаемость вида	
		Траловый лов	Прибрежный лов
Squaliformes			
Squalidae			
Акула колючая обыкновенная, катран *Squalus acanthias* Lin-naeus, 1758	1б	++	++
Rajiformes			
Rajidae			
Скат шиповатый *Raja clavata* Linnaeus, 1758	1б	+	++
Dasyatidae			
Хвостокол обыкновенный *Dasyatis pastinaca* (Linnaeus, 1758)	1а	- -	++
Acipenseriformes			
Acipenseridae			
Белуга черноморская *Huso huso* (Linnaeus, 1758)	3	- -	-
Севрюга *Acipenser stellatus* Pallas, 1771	3	- -	-
Clupeiformes			
Clupeidae			
Черноморский пузанок *Alosa maeotica* (Grimm, 1901)*	3	++	++
Шпрот черноморский *Sprattus sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758)	1б	+++	+++
Engraulidae			
Анчоус европейский, хамса *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)	1а	++	+++
Gadiformes			
Lotidae			
Трехусый морской налим средиземноморский *Gaidropsarus mediterraneus* (Linnaeus, 1758)	1б	-	+++
Gadidae			
Мерланг черноморский *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)	1б	+++	+++

Продолжение таблицы 1

Таксономический состав	Группа	Встречаемость вида	
		Траловый лов	Прибрежный лов
Beloniformes			
Belonidae			
Сарган черноморский *Belone belone* (Linnaeus, 1761)	1a	– –	++
Ateriniformes			
Aterinidae			
Атерина черноморская *Atherina boyeri pontica* Eichwald, 1838	1a	+	++
Syngnathiformes			
Syngnathidae			
Морская игла длиннорылая черноморская *Syngnathus typhle* Linnaeus, 1758	1a	–	+
Морская игла пухлощекая черноморская *Syngnathus abaster* Risso, 1827	1a	–	+
Морская игла толсторылая *Syngnathus variegatus* Pallas, 1814	1a	– –	+
Морская игла тонкорылая S*yngnathus tenuirostris* Rathke, 1837	1a	– –	+
Морской конек европейский *Hippocampus guttulatus* Cuvier, 1829	1a	+	+
Scorpaeniformes			
Scorpaenidae			
Скорпена черноморская *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758	1a	+	++
Perciformes			
Pomatomidae			
Луфарь обыкновенный *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766)	1a	+	++
Carangidae			
Ставрида черноморская *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)	1a	++	+++
Centracanthidae			
Смарида обыкновенная *Spicara smaris* (Linnaeus, 1758)	1a	– –	–

Продолжение таблицы 1

Таксономический состав	Группа	Встречаемость вида	
		Траловый лов	Прибрежный лов
Sciaenidae			
Умбрина светлая *Umbrina cirrosa* (Linnaeus, 1758)	1а	- -	-
Mullidae			
Барабуля черноморская *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927	1а	+	+
Mugilidae			
Кефаль-пиленгас *Mugil soiuy* Basilewsky, 1855	4	- -	+++
Сингиль *Liza aurata* (Risso, 1810)	1а	- -	+++
Labridae			
Зеленушка-рябчик *Symphodus cinereus* (Bonnaterre, 1788)*	1а	-	+++
Зеленушка пятнистая *Symphodus ocellatus* (Forsskal, 1775)*	1а	- -	++
Trachinidae			
Морской дракон большой *Trachinus draco* Linnaeus, 1758	1а	- -	-
Uranoscopidae			
Звездочет европейский *Uranoscopus scaber* Linnaeus, 1758	1а	- -	+
Blennidae			
Морская собачка ушастая *Parablennius tentacularis* (Brünnich, 1768)*	1а	- -	+++
Морская собачка обыкновенная *Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814)*	1а	- -	+++
Морская собачка Звонимира *Parablennius zvonimiri* (Kolomba-tovic, 1892)*	1а	- -	+++
Собачка-сфинкс *Aidablennius sphynx* (Valenciennes, 1836)*	1а	- -	+++
Ophidiidae			
Ошибень обыкновенный *Ophidion rochei* Muller, 1845	1а	- -	++
Ammodytidae			
Песчанка южная *Gymnammodytes cicerellus* (Rafinesgue, 1810)	1б	- -	++

Окончание таблицы 1

Таксономический состав	Группа	Встречаемость вида	
		Траловый лов	Прибрежный лов
Gobiidae			
Бычок-афия *Aphia minuta* (Risso, 1810)	1а	– –	+
Бычок-пуголовка звездчатая *Benthophilus stellatus* (Sauvage, 1874)	2	–	– –
Бычок черный *Gobius niger* Linnaeus, 1758*	1а	+	++
Бычок-паганель *Gobius paganellus* Linnaeus, 1758*	1а	– –	+
Бычок-кнут *Mesogobius batrachocephalus* (Pallas, 1814)	2	– –	++
Бычок-кругляк Neogobius melanostomus (Pallas, 1814)	2	++	+++
Бычок-сурман *Neogobius cephalargoides* Pinchuk, 1976	2	– –	+
Бычок-ратан *Neogobius ratan* (Nordmann, 1840)	2	– –	++
Бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814)	2	– –	++
Gobiesociformes			
Gobiesocidae			
Присоска толсторылая *Lepadogaster candollii* Risso, 1810	1а	– –	++
Короткоперая рыба-присоска двухпятнистая *Diplecogaster bi-maculata bimaculata* (Bonnaterre, 1788)	1а	– –	++
Pleuronectiformes			
Scophthalmidae			
Калкан черноморский *Psetta maxima maeotica* (Pallas, 1814)	1б	+	++
Pleuronecthidae			
Камбала черноморская *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)	1б	+	+
Soleidae			
Солея носатая *Pegusa lascaris* (Risso, 1810)	1а	– –	+

Примечания: 1а – средиземноморские иммигранты, 1б – бореально-атлантические реликты, 2 – солоноватоводные виды, 3 – проходные и полупроходные виды, 4 – виды – интродуценты, * – реликты фауны Тетиса; – – – вид не встречался, – – очень редкие виды, + – редкие виды, ++ – обычные виды, +++ – доминантные массовые виды.

По способу размножения в акватории острова почти в равном количестве преобладают литофилы, включая виды, откладывающие икру на створки моллюсков, и пелагофилы (39,1 и 36,9% соответственно). Количество фитофильных и псаммофильных рыб незначительно, их доли составляют 6,5% и 2,2% соответственно. Пять видов семейства игловые Syngnathidae (10,9%) откладывают икру в выводковые камеры. Два вида (4,4%) – катран и хвостокол обыкновенный являются яйцеживородящими.

По характеру питания ведущее место занимают бентофаги, объединяя почти половину обнаруженных видов (49%). Доля остальных групп значительно меньше: планктонофаги — 22,4%, хищные — 20,4%, фитофаги — 8,2%.

Отметим для сравнения, что в настоящее время в морских прибрежных водах Крымского полуострова обнаружено 122 вида из 47 семейств [10], что в 2,5 раза больше количества видов, найденных нами у острова Змеиный. Ихтиофауна прибрежных вод юго-западного Крыма отличается видовым богатством, в первую очередь, за счет средиземноморских видов, представители которых более теплолюбивы, поэтому севернее они не встречаются, избегая низких величин температуры воды. Сказывается также и более низкая соленость воды в районе наших исследований.

В северо-западной части Черного моря обнаружен 81 вид морских и солоноватоводных рыб [1], из которых более половины (45 видов) найдены нами у острова Змеиный. В частности, в Одесском заливе ранее отмечено 48 видов из 19 семейств [3]. В заливе семейства сельдевые, бычковые и игловые были представлены большим количеством видов (5, 13 и 6 видов соответственно), чем у острова. Одной из возможных причин относительной бедности видового состава ихтиофауны северо-западной части Черного моря является сильное антропогенное влияние на водную среду в этой акватории, а также неблагоприятный гидрологический режим вод с периодически возникающей глубокой гипоксией, вызывающей заморы [1, 2, 9].

В акватории острова Змеиный нами обнаружены представители пяти экологических и зоогеографических групп рыб. Основу ихтиофауны этого района образуют субтропическо-тропические рыбы – 31 вид, что составляет 63.3% от общего количества обнаруженных видов (табл. 2). Группы бореально-атлантических и понто-каспийских реликтов прибрежных вод острова представлены гораздо меньшим количеством видов – 16,3% и 12,3% соответственно.

Для Черного моря известно около 200 видов и подвидов рыб, из которых 126 видов являются представителями средиземноморского деривата, 87 из них отмечены у южного берега Крымского полуострова [7, 10]. По данным В. С. Чепурнова [14] на морском участке Дунай-Днестровского междуречья был обнаружен 51 вид средиземноморских иммигрантов. Бореально-атлантические рыбы и понтические реликты представлены небольшим количеством видов: в Черном море 13 и 22 вида соответственно, в Дунай-Днестровском междуречье — 8 и 18, у Южного берега Крыма – 12 и 11 видов. Таким образом, в акватории острова Змеиный наиболее полно представлена группа бореально-атлантических реликтов – 8 из 13 обнаруженных в Черном море. Средиземноморских иммигрантов и представителей солоноватых вод в районе острова нами обнаружено в четыре раза меньше от общего количества видов этих групп рыб, найденных в Черном море (31 из 126 и 6 из 22 соответственно). Среди рыб, обнаруженных нами у острова, 9 видов принадлежат к наиболее древней группе – фауне Тетиса [7]. В таблицы не включены представители пресноводной ихтиофауны — сом обыкно-

венный *Silurus glanis* Linnaeus, 1758, вьюн обыкновенный *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758) и плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), обнаруженные у острова в апреле 2006 года. Спорадическое появление пресноводных видов рыб в акватории острова в апреле 2006 года прежде всего связано с распреснением морских вод этого района во время весеннего половодья, когда величины солености воды находились в пределах 6.4–12.3‰.

Таблица 2

Количество видов рыб пяти экологических и зоогеографических групп в Черном море и отдельных его районах

Экологические и зоогеографические группы	Черное море А. Н. Световидов [8], Т. С. Расс [7]		Южный берег Крыма [10]		Дунай-Днестровское междуречье В. С. Чепурнов [14]		О. Змеиный наши данные	
	К-во видов	%	К-во видов	%	К-во видов	%	К-во видов	%
Средиземноморские иммигранты	126	63,0	87	71,3	51	45,0	31	63,3
Бореально-атлантические реликты	13	6,5	12	9,9	8	7,0	8	16,3
Солоноватоводные виды	22	11,0	11	9,0	18	15,0	6	12,3
Проходные и полупроходные виды	25	12,5	9	7,4	-	-	3	6,1
Виды интродуценты	-	-	1	-	-	-	1	2,0
Пресноводные виды	14	7,0	2	1,6	37	33,0	-	-
Всего видов	**200**	**100**	**122**	**100**	**114**	**100**	**49**	**100**

В период исследований в акватории острова обнаружено свыше 30 экземпляров морского конька черноморского, 2 экземпляра умбрины светлой, 1 экземпляр белуги. Эти виды рыб являются редкими для Черного моря и занесены в Красную книгу Украины. Из пойманных в акватории острова рыб, 17 видов включены в Красную книгу Черного моря; 7 видов охраняются с 1979 года Бернской конвенцией об охране дикой флоры и фауны; 13 видов занесены в списки протокола Бухарестской конвенции 1992 года.

Пятилетний период исследований с использованием разных активных и пассивных орудий лова при сборе ихтиологического материала, а также проведение подводных наблюдений в прибрежных водах острова Змеиный, могут свидетельствовать о том, что изученность видовой структуры ихтиоценоза этой акватории в настоящее время достаточно высока. Дальнейшее направление исследований ихтиофауны прибрежных вод острова должно быть акцентировано на изучение динамики распределения и численности демерсальных видов рыб.

Выводы

1. В течение пяти лет исследований в прибрежных водах острова Змеиный обнаружено 49 видов рыб, принадлежащих к 12 отрядам, 29 семействам и 40 родам. Наибольшее число таксонов включает отряд окунеобразные Perciformes (13 семейств, 20 родов и 26 видов).

2. Подавляющее большинство видов (75%) у острова представлено демерсальными рыбами.

3. В акватории острова Змеиный отмечены представители пяти экологических и зоогеографических групп рыб. Из них наиболее полно представлена группа бореально-атлантических реликтов – 8 из 13 видов, обнаруженных в Черном море. Средиземноморских иммигрантов и солоноватоводных видов относительно меньше — 31 из 126 видов и 6 из 22 видов соответственно.

4. В прибрежных водах острова обнаружено 23 вида редких и охраняемых в Черном море рыб. Три из них (морской конек, белуга и умбрина светлая) занесены в Красную книгу Украины, 17 видов — в Красную книгу Черного моря, 7 видов — в списки протокола Бернской конвенции, 13 видов охраняются Бухарестской конвенцией.

Литература

1. *Виноградов К. О.* Іхтіофауна північно-західної частини Чорного моря. - К.: Вид-во АН УРСР, 1960. - 116 с.
2. *Виноградов К. А.* Биология северо-западной части Черного моря. - К.: Наук. думка, 1967. - 225 с.
3. *Замбриборщ Ф. С., Винникова М. А., Заморов В. В.* Рыбы Одесского залива в прошлом и настоящем // Научные труды Зоологического музея Одесского государственного университета. - 1995. - Т. 2. - С. 19- 26.
4. Демерсальные рыбы прибрежной зоны острова Змеиный / В. В. Заморов, С. М. Снигирев, Ю. Н. Олейник, А. П. Куракин. - Вестник Одесского национального университета. - 2005. - Т. 10, вып. 4 (экология). - С. 236- 243.
5. *Коновалов С. М.* Современное состояние ихтиофауны Черного моря. - Севастополь: ЭКОСИ - Гидрофизика, 1995. - 214 с.
6. *Одум Ю.* Экология. В 2 т. Т. 2. - М.: Мир, 1986. - 272 с.
7. *Расс Т. С.* Ихтиофауна Черного моря и некоторые этапы ее истории / Ихтиофауна Черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. - К.: Наук. думка, 1993. - С. 6- 16.
8. *Световидов А. Н.* Рыбы Черного моря. - М.; Л.: Наука, 1964. - 551 с.
9. *Северо-западная* часть Черного моря: биология и экология / Под ред. Ю. П. Зайцева и др. - К.: Наук. Думка, 2006. - 701 с.
10. *Современное* состояние биоразнообразие прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор) / Под ред. В. Н. Еремеева, А. В. Гаевской; НАН Украины, Институт биологии южных морей. - Севастополь: ЭКОСИ - Гидрофизика, 2003. - 511 с.
11. *Фауна* України. В 40-а т. Т. 8. Риби. Вип. 4. Окунеподібні: окуневидні, губаньовидні, драконовидні, собачковидні, піщанковидні, ліровидні, скумбрієвидні / Щербуха А. Я. - К.: Наук. думка, 1982. - 384 с.
12. *Фауна* Украины. В 40-а т. Вып. 5. Окунеобразные (бычковидные), скорпенообразные, камбалообразные, присоскообразные, удильщикообразные. / Смирнов А. И. - К.: Наук. думка, 1986. - 320 с.
13. *Фауна* Украины. В 40-а т. Т. 8. Рыбы. Вып. 3. Вьюновые, сомовые, икталуровые, пресноводные угри, конгеровые, саргановые, тресковые, колюшковые, игловые, гамбузиевые, зеусовые, сфиреновые, кефалевые, атериновые, ошибневые / Мовчан Ю. В. - К.: Наук. думка, 1988. - 368 с.
14. *Чепурнов В. С.* Видовой состав рыб северо-западной части Черного моря и их распределение // Кишиневский госуниверситет, Учене записки. - 1962. - Т. 62, вып. 1 (биологический). - С. 3- 10.
15. *Червона* книга України. Тваринний світ. - К.: Українська енциклопедія, 1994. - 462 с.

С. М. Снігірьов
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова.
Регіональний центр екологічного моніторингу природного середовища
вул. Дворянська, 2 , Одеса, 65082, Україна.

ІХТІОФАУНА ПРИБЕРЕЖНОЇ АКВАТОРІЇ ОСТРОВА ЗМІЇНИЙ

Резюме
У період досліджень 2003- 2007 рр. у прибережних водах острова Зміїний виявлено 49 видів риб, які належать до п'яти екологічних та зоогеографічних груп. Наведено дані про чисельність риб, отримані при проведенні комплексних іхтіологічних робіт і візуальних спостережень.

Ключові слова: іхтіофауна, екологічна та зоогеографічна характеристика, острів Зміїний.

S. M. Snigiryov
Odessa National I. I. Mechnikov University,
Regional Centre for Environmental monitoring
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine

COASTAL ZONE ICHTHYOFAUNA OF THE ISELAND ZMEINY

Summary
49 species of fishes are registered in the coastal zone of island Zmeiny. The quantitative data of fishes received during visual observations and fishing with fishing gear on the number are presented.

Keywords: ichthyofauna, the island Zmeiny.

ГЕНЕТИКА, МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ І ЦИТОЛОГІЯ

УДК: 634.816.581.167

В. Р. Бочарова[1,2], асп., **М. І. Тулаєва**[2], канд. біол. наук, **Н. А. Мулюкіна**[2], канд. біол. наук, **І. А. Ковальова**[2], асп.
[1] Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра генетики та молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: caphgen@ukr.net

[2] Національний науковий центр "Інститут виноградарства
і виноробства ім. В. Є. Таїрова"
вул. 40-річчя Перемоги, 27, смт Таїрове, м. Одеса, 65496, Україна,
e-mail: iviv@te.net.ua

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ГЕНОТИПІВ ВИНОГРАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДНК-МАРКЕРІВ

Проведено молекулярно-генетичний аналіз сортів винограду Піфос та Рубін таїровський, а також клонів підщепного сорту *Berlandieri x Riparia* Кобер 5ББ, за допомогою молекулярних маркерів. Виявлено унікальний алельний профіль для кожного генотипу досліджуваних сортів і клонів. Детальна характеристика генотипів рослин надає можливість ідентифікувати кожний з них для створення паспорту.
Ключові слова: виноград, ДНК-маркери, мікросателіти.

Зростаючі темпи досліджень в області генетики та селекції винограду, а також інтродукція сортів і клонів вимагають надійних способів ідентифікації генотипів.

Методи ампелографії та ізозимного аналізу не задовольняють вимогам, тому що ознаки винограду характеризуються занадто великою кількістю відмінних рис, крім того, багато з них піддаються впливу навколишнього середовища. В протилежність цьому, дані, отримані за допомогою ДНК-аналізу, не залежать від факторів середовища.

Раніше для виявлення відмінностей між сортами та ідентифікації сортів застосовували RFLP і RAPD-аналізи [1]. Однак ці методи мають деякі обмеження. Так, інтерпретація і стандартизація результатів даних аналізів часто була утрудненою і слабко відтворюваною. Протягом останніх років для ідентифікації і паспортизації сортів і клонів винограду був рекомендований SSR-аналіз, який передбачає використання мікросателітних маркерів [1, 2, 3, 4].

Мікросателітні маркери (яких також називають простими повторюваними послідовностями або SSR-маркерами) на даний момент широко використовуються в дослідженнях генетики винограду. Вони цілком сприйнятні для ідентифікації сортів культурних рослин, аналізу їх походження, а також картування геному [3]. Мікросателіти виявляють високий рівень поліморфізму, основані на простих тандемно розташованих повторювальних послідовностях із 2-10 пар основ [4]. Такі прості повторювані мотиви досить часто зустрічаються в еукаріотних геномах [5].

SSR-маркери мають високий рівень відтворення, тобто вони дають можливість обмінюватися результатами між різними лабораторіями і впроваджувати отримані результати в загальну міжнародну базу даних [6].

© В. Р. Бочарова, М. І. Тулаєва, Н. А. Мулюкіна,
І. А. Ковальова, 2008

На сьогодні за допомогою SSR-аналізу досліджено 19 груп зчеплення і розроблено більше 370 мікросателітних маркерів винограду, які довели свою корисність для молекулярно-генетичного аналізу [7].

Для ідентифікації сортів-синонімів, а також захисту авторських прав на сорт є необхідним створення генетичного паспорту для занесення його до реєстру сортів рослин України. Для виділення і затвердження клонів так само необхідна молекулярно-генетична ідентифікація. Створення ДНК-паспортів для сортів і клонів має бути обов'язковим у всіх випадках сертифікації досліджуваних зразків.

Метою даної роботи є моделювання системи паспортизації генотипів сортів винограду, рекомендованих для реєстру колекцій, а також вивчення внутрішньосортової мінливості винограду шляхом дослідження клонів.

Матеріали та методи

Для досліджень використовували дев'ять рослин сорту Рубін таїровський, три рослини сорту Піфос, а також вісім рослин клонів підщепного сорту *Berlandieri x Riparia* Кобер 5ББ. Рослини висаджені на дослідних ділянках ННЦ "Інституту ВіВ ім. В. Є. Таїрова" (СМТ Таїрово Овідіопольского району Одеської області). Дослідження проведені протягом 2006–2007 рр.

Клони сорту Кобер 5ББ — № 1, 6872, 1074, 211161, 21192, 4354, 3413, 9191 представлені другим вегетативним поколінням, виділені методом індивідуального добору як найбільш перспективні за продуктивністю, а також за низкою інших показників (однорідність пагонів і розвитку кущів, підвищена якість лози, добра сумісність та ін.). Вони рекомендовані для розмноження на сертифікованій основі. Важливо відзначити, що у клону 6872 є морфологічні відмінності від базового сорту (опушена листова пластинка, черешок і пагін, яскраво рожева верхівка молодого пагона). Крім того, клони 9191, 211161, 6872 характеризуються підвищеною та стабільною продуктивністю [8]. Клон Кобер 5ББ №1 інтродукований з угорської колекції.

ДНК винограду була виділена з заморожених при –20°С молодих листків за методикою, розробленою у відділі молекулярної генетики Південного біотехнологічного центру в рослинництві м. Одеси [9].

Загалом, у наших попередніх дослідженнях були використані п'ять повністю охарактеризованих STSs локусів: *VVS2, VVMD7, VVMD27, ZAG62, ZAG79*, а також проведено порівняльний ISSR-аналіз з інтермікросателітним праймером P_i16 (послідовність фланкуючого праймера - $(GA)_9C$). Характеристики досліджених SSR-локусів і послідовності праймерів, що фланкують локуси, представлені в табл. 1.

Реакційна суміш для проведення ПЛР (обсягом 25 мкл) включала: 20 нг геномної ДНК, 200 мкмоль кожного dNTP, 1–3 ммоль $MgCl_2$ (залежно від типу праймерів), 0,01% твін, 1 од. Taq-полімерази, 0,2 мкмоль кожного праймеру. Концентрація $MgCl_2$ в реакційній суміші залежно від праймерів складала: *VVMD7* – 1,0 ммоль; *ZAG62*, *ZAG79* – 1,5 ммоль; *VVS2*, *VVMD27* – 2,0 ммоль; P_i16 – 3,0 ммоль.

Ампліфікацію проводили на термоциклері Терцик (ДНК-технологія, Росія), у режимі: початковий цикл – 4 хв. при 94°С, 45 сек. при 50–56°С, 1,5 хв. при 72°С; основний етап 35 циклів – 1 хв. при 94°С, 45 сек. при 50–56°С (залежно від типу праймерів), 1,5 хв. при 72°С; фінальний етап 1 цикл – 1 хв. при 94°С, 45

сек. при 50–56°С, 5 хв. при 72°С. Температура віджигу для праймерів складала: *ZAG62*, *ZAG79* – 50°С, *VVS2*, *VVMD7* – 52°С, *VVMD27*, *P16* – 56°С.

Таблиця 1

Характеристики досліджених SSR- локусів (згідно з даними літератури [2, 6, 10–14])

Код локусу	Послідовність фланкуючих праймерів (5'-3')	Кількість алелів	Розмір фрагментів ДНК (п.н.)	Група зчеплення	Локалізація на карті зчеплення (сМ)	Гетерозиготність (%)
VVS2	AAATTCAAAATTCTAATTCAA CAGCCCGTAAATATATCCATC	19	123- 161	11	44.3	84.6
VVMD7	AGAGTTGCGGAGAACAGGAT CGAACCTTCACACGCTTGAT	17	232- 266	7	105.1	92.3
VVMD27	GTACCAGATATGAATACATCCGTA AGT ACGGGTATAGAGCAAACGGTG	23	175- 219	5	70.6	92.3
ZAG62	GGTGAAATGGGCACCGAACACACG CCATGTCTCTCCTCAGCTTCTCAGC	18	174- 220	7	52.3	69.2
ZAG79	AGATTGTGGAGGAGGGAACAAAC CG TGCCCCCATTTTCAAACTACTCCC TTCC	14	238- 264	5	115.2	100.0

Аналіз продуктів ампліфікації здійснювали за допомогою електрофорезу в поліакріламідному гелі (ПААГ 8%) у буфері 1 х ТВЕ. Для прояву й фіксації продуктів ампліфікації використовували фарбування азотнокислим сріблом.

Документували отримані дані за допомогою відеосистеми UVP Bioimaging Systems EC3. Розмір поліморфних фрагментів ДНК визначали за допомогою комп'ютерної програми "Launch Vision WorksLS" згідно стандарту *-pBR 322 DNA / Bsu R1 (Hae III)* (Fermentas).

Результати і обговорення

Для створення ДНК-паспорту сортів винограду були обрані сорти Рубін таїровський та Піфос, які рекомендовані в якості батьківських пар для гібридизації.

Рубін таїровський та Піфос є перспективними винними сортами міжвидового походження, які культивуються в Україні та Молдові і широко використовуються в селекційній роботі. Сорт Рубін таїровський був виведений селекціонерами ННЦ "Інституту ВіВ ім. В. Є. Таїрова". Сорт Піфос виведений на базі Молдовського інституту виноградарства і виноробства.

Система ідентифікації генотипів і створення паспорту містить у собі оптимальну кількість локусів, за якими визначається найбільша кількість алелів. За

стандартами Vitis Microsatellite Consorcium (VMC) оптимальною кількістю алелів вважають 5–6, за умовою проявлення поліморфізму розмірів фрагментів [6, 7].

Проведено дослідження п'яти SSR-локусів, які виявляють чіткі відмінності між сортами, що вказує на їх ефективність при створенні ДНК-паспорту. Однак інтермікросателітний праймер *P_i16* не виявив відмінностей між сортами. Розмір фрагментів ДНК у обох сортів дорівнював 326 п.н.

Генотипова оцінка та підрахунок розмірів алелів ДНК-локусів сортів Рубін таїровський та Піфос наведені в табл. 2.

SSR-аналіз є інформативним для виявлення відмінностей фрагментів ДНК досліджуваних сортів винограду при створенні генетичного паспорту сорту та може бути використаний для швидкої і точної ідентифікації генотипу сорту при створенні геномних бібліотек. Таким чином, на основі отриманих даних були розроблені ДНК-паспорти сортів Рубін таїровський та Піфос.

Таблиця 2

Поліморфні ДНК-локуси сортів Піфос та Рубін таїровський

Сорт	SSR-локуси									
	VVS2		VVMD7		VVMD27		ZAG62		ZAG79	
	алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)	
Піфос	137	137	248	248	175	189	196	206	250	250
	n+14	n+14	n+1	n+1	n	n+14	n+2	n+34	n+1	n+1
Рубін таїровський	131	151	240	240	191	191	190	190	260	260
	n+8	n+28	n+8	n+8	n+16	n+16	n+16	n+16	n+22	n+22

n – розмір фрагменту ДНК найменшого алеля в п.н. згідно з даними літератури [14], додаток до n – кількість тандемних повторів.

Вивчені ДНК-локуси клонів сорту Кобер 5ББ є загалом генетично однорідними, тому що даний селекційний матеріал є попередньо добре відселектованим. Тому явних морфологічних відмінностей клони не виявляють (окрім клону № 6872, який має опушене листя та пагін, а також яскраво рожеву верхівку молодого пагону). За показниками продуктивності клони № 211161 та № 9191 є найбільш перспективними, інші клони знаходяться на рівні контролю. Однак проведення ДНК-паспортизації є обов'язковим для клонів, рекомендованих для сертифікації, незалежно від наявності або відсутності морфогенетичних відмінностей.

Молекулярно-генетичний аналіз популяції клонів показав наявність генетичних відмінностей у клону № 1, інтродукованого з Угорщини, по локусах *VVS2, VVMD7, ZAG62* (рис. 1, 2), а також за здатністю ДНК взаємодіяти з інтермікросателітним праймером *P_i16*.

Відмінності виражаються у відсутності фрагментів ДНК, або наявності фрагментів іншого розміру.

Так, клон № 1 є гомозиготним за локусом *VVS2*, та має розмір алелів 151 : 151 п.н., інші клони гетерозиготні (142 : 149 п.н.), але у клону № 3413 виявляється новий алель (142 : 151 п.н.).

По локусу *VVMD7* та *VVMD27* всі клони знаходяться в гетерозиготному стані і мають розмір алелів 201 : 214 п.н. та 189 : 214 п.н. відповідно. По локусу *ZAG62* всі клони також є гетерозиготними (201 : 214 п.н.), але клон № 1 має один алель ін-

шого розміру (192 : 214 п.н.). За локусом *ZAG79* всі клони є гетерозиготними (254 : 263 п.н.). ISSR-аналіз з використанням праймеру P_i16 також виявив відмінності у вивченій вибірці клонів. Так, клон № 1 характеризується наявністю фрагменту ампліфікації розміром 321 п.н. на відміну від інших клонів (316 п.н.). Генотипова оцінка досліджуваних клонів представлена в табл. 3.

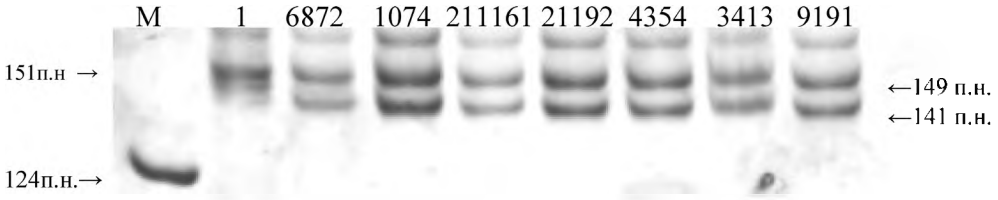


Рис. 1. Результати електрофорезу продуктів ампліфікації ДНК клонів сорту *Berlandieri x Riparia* Кобер 5ББ по локусу *VVS2*. М - молекулярний маркер *pBR 322 DNA / Bsu R1*

Рис. 2. Результати електрофорезу продуктів ампліфікації ДНК клонів сорту *Berlandieri x Riparia* Кобер 5ББ по локусу *VVMD7*. М – молекулярний маркер *pBR 322 DNA / Bsu R1*

Однак у інших клонів поліморфізму не виявлено, що може бути пов'язано з недостатньою кількістю досліджуваних ДНК-локусів, або з відсутністю генетичних відмінностей.

Таблиця 3

Поліморфні ДНК-локуси клонів підщепного сорту *Berlandieri x Riparia* Кобер 5ББ

Клон	SSR-локуси									
	VVS2		VVMD7		VVMD27		ZAG62		ZAG79	
	алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)	
1	**151**	**151**	**234**	**250**	189	209	**192**	214	254	262
	n+28	n+28	n+2	n+18	n+14	n+34	n+18	n+40	n+16	n+24
6872	141	149	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+26	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24
1074	141	149	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+26	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24
211161	141	149	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+26	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24

Закінчення таблиці 3

Клон	SSR-локуси									
	VVS2		VVMD7		VVMD27		ZAG62		ZAG79	
	алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)		алелі (п.н.)	
21192	141	149	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+26	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24
4354	141	149	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+26	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24
3413	141	**151**	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+28	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24
9191	141	149	232	262	189	209	202	214	254	262
	n+18	n+26	n	n+30	n+14	n+34	n+28	n+40	n+16	n+24

n – розмір фрагменту ДНК найменшого алеля в парах нуклеотидів згідно з даними літератури [14], додаток до n – кількість тандемних повторів

Планується продовжити молекулярно-генетичні дослідження сортів та клонів на більшій виборці та з дослідженням більшої кількості SSR-локусів.

Таким чином, оцінка внутрішньосортової мінливості клонів сорту Кобер 5ББ показала, що популяція клонів гетерогенна та генетично неоднорідна, про що свідчать одиничні відмінності по деяким локусах, більшість з яких виявлена у клону № 1, інтродукованого з угорської колекції.

Висновки

SSR-аналіз послідовностей ДНК дозволив виявити молекулярно-генетичний поліморфізм сортів і клонів винограду.

Аналіз внутрішньосортової мінливості клонів сорту Кобер 5ББ виявив відмінності по трьох локусах у інтродукованого клону № 1, а також по одному локусу у клону № 3413.

На основі отриманих даних розроблені ДНК-паспорти сортів Рубін таїровський та Піфос.

Використана маркерна система є ефективним, швидким та точним методом для ідентифікації генотипів сортів і клонів, а також для створення паспорту з метою захисту авторських прав селекціонерів.

Література

1. *Lodhi M. A., Daly M. J.* et al. A molecular marker based linkage map of Vitis // Genome. – 1995. – Vol. 38. – P. 786–794.
2. *Sefc K. M., Regner F.* et al. Genotiping of grapevine and rootstock cultivars using microsatellite markers // Vitis. – 1998. – Vol. 37 (1). – P. 15–20.
3. *Arroyo-Garcia R., Martinez-Zapater J. M.* Development and characterization of new microsatellite marcers for grape // Vitis. – 2004. – Vol. 43 (4). – P. 175–178.
4. *Goto-Yamamoto N., Mouri H.* et al. Development of grape microsatellite markers and microsatellite analysis including oriental cultivars // Vitis. – 2006. – Vol. 57 (1). – P. 105–108.

5. *Кожухова Н. Э., Сиволап Ю. М.* Идентификация генотипов кукурузы при помощи молекулярных маркеров // Генетика. - 2004. - Т. 40, № 1. - С. 59- 66.
6. *Martin J. P., Borrego J.* et al. Characterization of Spanish grapevine cultivar diverstity using sequence-tagged microsatellite site markers // Genome. - 2003. - Vol. 46. - P. 10- 18.
7. *Adam-Blondon A. F.* et al. Mapping 245 SSR markers on the Vitis vinifera genome: a tool for grape genetics // Theor. Appl. Genet. - 2004. - Vol. 109. - P. 1017- 1027.
8. *Состояние* и перспективы улучшения подвойных сортов винограда в Украине / И. А. Ковалева, М. И. Тулаева, В. С. Чисников // Виноградарство і виноробство: Тематичний науковий збірник. - О., 2006. - № 43. - С. 51- 61.
9. *Исследование* внутривидового полиморфизма Vitis vinifera / Ю. М. Сиволап, Т. Г. Вербицкая, С. Н. Прокопенко, М. И. Тулаева // Цитология и генетика. - 1993. - Т. 27, № 3. - С. 11- 15.
10. *Costantini L.* et al. Generation of a common set of mapping markers to assist table grape breeding // Vitis. - 2007. - Vol. 58 (1). - P. 102- 111.
11. *Snoussi H.* et al. Genetic relationship among cultivated and wild grapevine accessions from Tunisia // Genome. - 2004. - Vol. 47. - P. 1211- 1219.
12. *Sanchez-Escribano E. M.* et al. Use of sequence-tagged microsatellite site markers for characterizing table grape cultivars // Genome. - 1999. - Vol. 42. - P. 87- 93.
13. *Costantini L.* et al. Genetic relationships among local Vitis vinifera from Campania (Italy) // Vitis. - 2005. - Vol. 44 (1). - P. 25- 34.
14. *This P., Jung A.* et al. Development of a standard set of microsatellite referenca alleles rof identification of grape cultivars // Theor. Appl. Genet. - 2004. - Vol. 109. - P. 10448- 11458.

В. Р. Бочарова, М. И. Тулаева, Н. А. Мулюкина, И. А. Ковалева
Одесский национальный университет, каф.
генетики и молекулярной биологии,
ул. Дворянская 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: caphgen@ukr.net

Национальный научный центр "Институт виноградарства
и виноделия им. В. Е. Таирова",
ул. 40-летия Победы, 27, пгт Таирово, Одесса, 65496, Украина,
e-mail: iviv@te.net.ua

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ ГЕНОТИПОВ ВИНОГРАДА ПРИ ПОМОЩИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ

Резюме
Проведен молекулярно-генетический анализ сортов Пифос и Рубин таировский, а также клонов сорта Berlandieri x Riparia Кобер 5ББ, с помощью молекулярных маркеров. Выявлен уникальный аллельный профиль для каждого генотипа сортов и клонов. Детальная характеристика генотипов растений позволит идентифицировать каждый из них для создания паспорта.

Ключевые слова: виноград, ДНК-маркеры, микросателлиты.

B. R. Bocharova, M. I. Tulaeva, N. A. Mulyukina, I. A. Kovalova
Odessa National University, Department of Genetics and Molecular Biology,
str. Dvoryanskaia, 2, Odessa, 65082, Ukraine, e-mail: caphgen@ukr.net

National scientific centre "Institute of viticulture and wine-making
named after V. Ye. Tairov",
27, 40 let Pobeda str., Tairovo, Odessa, 65496, Ukraine, e-mail: iviv@te.net.ua

IDENTIFICATION AND GENOTYPING OF GRAPEVINE USING MOLECULAR MARKERS

Summary
The molecular-genetic analysis of two cultivars of grapevine Piphos and Rubin tairofsky as well as clones of the cultivar Berlandieri x Riparia Cober 5BB were conducted, by means of molecular marker. Unique allele profile was revealled for the genotype of each cultivar and clones. The detailed characteristic of plant genotipe will allow to identify each of them for making the passport.

Keywords: grapevine, DNA-markers, microsatellites.

УДК 575. 577.151.537.8

Н. С. Задерей, канд. біол. наук, доц., **М. М. Чабан**, студ.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра генетики і молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

ЕКОГЕНЕТИЧНІ РЕАКЦІЇ ДРОЗОФІЛИ ПРИ ВПЛИВІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОЛИВАНЬ

Вивчали генотипові особливості показників життєдіяльності різних ліній дрозофіли за тривалого впливу високочастотних електромагнітних коливань. З цією метою була сконструйована СВЧ-установка, яка продукувала сигнал, що представляв собою неперервну послідовність радіоімпульсів трапецієподібної форми з частотою повторів імпульсів 217 Гц та частотою електромагнітного випромінювання 890 МГц. З'ясовано, що найбільш чутливими до впливу високочастотних електромагнітних коливань є мухи дикого типу Normal та мухи мутантної лінії cinnabar, що виявилось у значному зниженні активності каталази в клітинах досліджуваних форм.
Ключові слова: високочастотні електромагнітні коливання, дрозофіла, пристосованість, тривалість життя, плодючість, активність каталази.

Всі живі істоти на Землі виникли, еволюціонували та до сьогодні існують завдяки неперервній взаємодії з різними факторами зовнішнього середовища, пристосовуючись до їх впливу. Чимала кількість чинників має електромагнітну природу. Електромагнітні коливання є складовою частиною екологічних умов, необхідних для існування живих істот [1].

З іншого боку, розвиток науково-технічного прогресу призвів до значного підвищення кількості електромагнітних випромінювань (ЕМВ) завдяки широкому впровадженню в повсякденний побут різноманітних приладів, що здатні продукувати електромагнітні хвилі різної довжини (НЧ, СЧ, ВЧ, УВЧ, СВЧ, КВЧ). У зв'язку з цим значно підвищився рівень опромінення, що не може не мати своїх негативних наслідків, в тому числі й для людини. Особливо значимою ця проблема стає завдяки розповсюдженню мобільних телефонів, використання яких часто не супроводжується дотриманням елементарних санітарних норм, завдяки чому вплив випромінювання здійснюється безперервно, протягом багатьох років.

Сучасні дослідження показали, що живі організми – від одноклітинних до людини – чутливі до постійної дії ЕМВ, причому реакції організмів на ЕМВ виникають і в тих випадках, коли інтенсивність цих випромінювань дуже низька. Для людини характерні такі порушення фізіологічних функцій, як зміна ритму серця, кровоносного тиску, обмінних процесів; порушення роботи органів чуття, зокрема, зорових та слухових аналізаторів; у тварин спостерігаються зміни емоційного стану (від пригніченого до подібного епілептичному); чітко виражені порушення спостерігаються також у процесах розвитку [2, 3, 4, 5, 6, 7].

У дослідах на щурах було встановлено, що при локальному та короткочасному (15 хв.) опроміненні мозку електромагнітними хвилями (ЕМХ) частотою 900 МГц і потужністю 4 – 32 Вт/кг змінюється функція нейрорецепторів мозку

© Н. С. Задерей, М. М. Чабан, 2008

та реакція нейроглії. У модельних дослідах було показано, що електромагнітний сигнал стандарту GSM – 900 з SAR 0,2 Вт/кг при довготривалій дії (48 год.) може викликати процес збудження в астрогліальних клітинах [8].

Шведські вчені провели широкомасштабні дослідження, пов'язані з вивченням можливого розвитку пухлин мозку у людей, які користуються мобільними телефонами, і встановили, що ризик розвитку пухлин в ділянках мозку, які знаходяться під безпосереднім впливом під час розмов по телефону у таких людей значно збільшується [9]. Сьогодні Міжнародне Агентство з питань вивчення раку (IARC) проводить досліди по оцінці можливості розвитку пухлин мозку, слинної залози та виникнення лейкемії у користувачів мобільними телефонами у 13 країнах Європи, Північної Америки та країнах Тихоокеанського регіону [8].

Зважаючи на те, що дослідження змін, отриманих в результаті опромінення електромагнітними хвилями, у людей є значно обмеженими, в якості модельного об'єкту була обрана *Drosophila melanogaster*, яка відрізняється відносно короткою тривалістю життя, достатньо швидкою зміною поколінь та наявністю маркованих мутантних ліній. Метою проведених досліджень було з'ясування змін таких показників життєдіяльності різних ліній дрозофіли, як тривалість життя, плодючість та активність ферменту каталази за тривалого впливу високочастотних електромагнітних коливань.

Матеріали і методи дослідження

Для вивчення особливостей дії ЕМВ на життєздатність дрозофіли використовували мух дикого типу Canton-S та Normal і мутантних ліній з високою (cinnabar) та низькою (vestigial) пристосованістю. Умови утримання мух були стандартні, температура – 24–25°С. Опромінення мух здійснювали електромагнітними хвилями з частотою 890 МГц при температурі 24–25°С приладом, самостійно сконструйованим за наданою схемою (рис. 1).

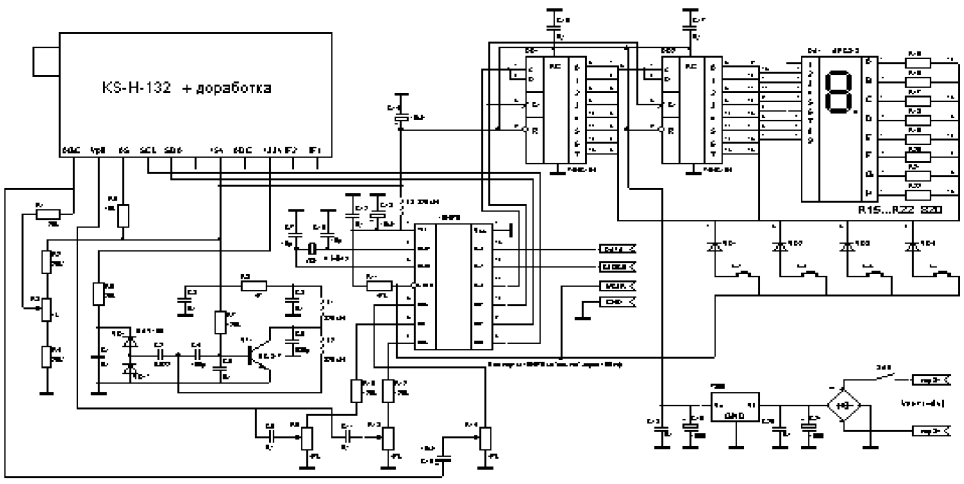


Рис. 1. Схема СВЧ-установки

Дію ЕМВ оцінювали за зміною активності каталази у тканинах Drosophila melanogaster, рівнем плодючості мух та тривалістю життя.

Методика опромінення дрозофіли високочастотними хвилями

Пробірки з мухами (50 мух у кожній пробірці) поміщали у зону розташування антени, яка випромінювала електромагнітні хвилі. Антена являє собою замкнений циліндр висотою 5 см та діаметром 5 см. Сконструйована СВЧ-установка продукувала сигнал, що являв собою неперервну послідовність радіоімпульсів трапецієподібної форми з частотою повторів імпульсів 217 Гц та частотою електромагнітного випромінювання 890 МГц. Сила огинаючого високочастотного сигналу (Q) = 8. Антенна щільність потоку потужності еквівалентна плоскій хвилі (S) = 5 мВт/см^2 , імпульсна щільність потоку потужності – 28 Вт/см^2 , SAR – 2 Вт/кг.

Опромінення мух ЕМХ здійснювали протягом п'яти діб. Аналіз мух проводили на першу та п'яту добу.

Методика вимірювання активності каталази в тканинах D. melanogaster

Активність каталази вимірювали за стандартною методикою Королюк М. А. [10]. Цей метод оснований на здатності H_2O_2 утворювати з солями молібдату амонію забарвлений стійкий комплекс жовтого кольору. Інтенсивність забарвлення вимірювали на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі 410 нм супроти проби з дистильованою водою.

Хід проведення вимірювань: наважку заморених мух (2 мг) гомогенізували у 0,1 мл Трис-HCI буферному розчині з pH – 7,8. Гомогенат центрифугували при 5 000 g протягом 5 хвилин. Надосадкову рідину використовували для визначення активності каталази у дрозофіли. Для цього готували контрольну, нульову і дослідну проби. У кожну пробу вносили по 1 мл трис-HCI буфера з pH 7,8. У нульову пробу додавали 2 мл дист. H_2O, в контрольну і дослідну – по 2 мл 0,03% H_2O_2 Потім в нульову і дослідну проби додавали по 0,1 мл гомогенату. Реакцію зупиняли через 10 хвилин додаванням 1 мл 4% розчину молібдату амонію у всі пробірки, після чого в контрольну пробу доливали 0,1 мл гомогенату. Екстинцію розчинів визначали на ФЕК при довжині хвилі 410 нм. Активність ферменту обчислювали за формулою:

$$A = (Ек – Ео) \cdot K / t \cdot m,$$

де Ек, Ео – екстинція контрольної і дослідної проб; t – час (600 с); m – маса (20 мг); K – коефіцієнт мілімолярної екстинції, K = 22,2.

Методика визначення тривалості життя та плодючості мух

Для визначення тривалості життя мух (до 20 особин кожної статі) після опромінювання їх ЕМХ утримували на стандартному середовищі. Контролем слугували неопромінені мухи, які теж утримувались у стандартних умовах. Підрахунок живих мух проводили щоденно, зміну поживних середовищ здійснювали на третю добу. Тривалість життя виражали кількістю днів, протягом яких відбувалася загибель 50% мух (L_{150}) [11].

Плодючість мух у контролі та досліді визначали як кількість лялечкових пупаріїв та імаго у потомстві однієї самки, яка відкладала яйця протягом трьох діб [12].

Статистичну обробку отриманих даних проводили загальноприйнятими методами [13, 14].

Результати досліджень та їх аналіз

Отримані результати досліджень дозволяють стверджувати, що опромінення мух ЕМХ з частотою повторів імпульсів 217 Гц на протязі одної доби не впливали на основні фізіологічні функції дрозофіли. Опромінення протягом п'яти діб приводило до незначного зниження тривалості життя у всіх досліджуваних генотипів. Так, у мух дикого типу C-S спостерігалося зниження тривалості життя на 35%, у мутантної лінії cn на 33% і у мутантної лінії vg на -8 % (табл. 1).

Таблиця 1

Тривалість життя особин різних ліній дрозофіли за опромінення їх ЕМХ (Lt_{50}, дні)

Лінія / Час опромінення	Normal	C-S	cn	vg
Контроль	15,2 ± 1,8	17,1 ± 1,7	20,3 ± 2,4	7,3 ± 0,7
1 доба	14,7 ± 1,1	16,4 ± 1,9	20,3 ± 1,8	7,2 ± 0,7
5 діб	14,9 ± 1,5	11,2 ± 1,1	13,8 ± 1,9	6,7 ± 0,9

З метою визначення впливу ЕМХ на плодючість мух підраховували кількість лялечкових пупаріїв та число особин imago після схрещування мух, опромінюваних ЕМХ протягом 5 діб. Результати досліду представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Плодючість різних ліній дрозофіли після опромінення високочастотними електромагнітними хвилями

Лінії мух	Контроль		Дослід, мухи після 5-денного опромінення	
	Число лялечкових пупаріїв	Число особин imago	Число лялечкових пупаріїв	Число особин imago
Normal	62 ± 8	53 ± 7	61 ± 6	59 ± 8
C-S	50 ± 7	45 ± 5	53 ± 6	48 ± 6
cn	67 ± 9	61 ± 8	49 ± 8	42 ± 7
vg	36 ± 4	34 ± 4	27 ± 4	24 ± 3

Було встановлено, що зниження плодючості за умови опромінення батьків ЕМХ характерно тільки для мутантних форм (cn – на 27% по кількості лялечкових пупаріїв та на 31% по числу imago; vg – на 25% та 30% відповідно). Мухи, що мають дикий генотип, виявилися більш стійкими до впливу цього екологічного чинника. Така реакція генотипів чітко пов'язана з рівнем показників пристосованості даних генотипів до змін умов навколишнього середовища.

Ще одним важливим показником життєздатності організмів є ефективність роботи антиоксидантної системи, яка виражається в активності ферментів, що її утворюють. Одним із таких ферментів є каталаза. Визначення змін активності цього фермента може стати показником глибоких змін фізіолого-біохімічного стану організму. Активність каталази вимірювали у мух після їх опромінення протягом однієї та п'яти діб. Результати досліду представлені в табл. 3.

Як видно з наведеної таблиці, активність каталази в тканинах різних ліній D. melanogaster має генотипову залежність. Найбільша активність ферменту від-

мічена у мутантної лінії cn – 14,85 ± 1, 51 мкат/л, найменьша у мух дикого типу C-S – 1,75 ± 0,11 мкат/л. Після опромінення мух ЕМХ протягом однієї доби змін в активності каталази не відмічається, у той час як після п'яти діб опромінення активність ферменту у мух Normal знизилась на 75%, а у мух мутантної лінії cn на 87%. Для мух C-S та vg особливих змін у активності ферменту не спостерігалося. Такі результати говорять про особливості змін активності каталази залежно від генотипів ліній мух і потребують подальшого вивчення.

Таблиця 3

Активність каталази в тканинах D. melanogaster за опромінення їх високочастотними електромагнітними коливаннями (мкат/л)

Лінія / Час опромінення	Normal	C-S	vg	cn
Контроль	10,66 ± 0,73	1,75 ± 0,11	2,06 ± 0,09	14,85 ± 1,51
1 доба	9,94 ± 0,51	2,63 ± 0,24	2,85 ± 0,28	13,90 ± 1,18
5 діб	2,61 ± 0,31	2,37 ± 0,10	2,77 ± 0,12	1,94 ± 0,15

Отримані результати свідчать, що електромагнітні коливання можуть викликати у живих організмів віддалені наслідки, які можуть виражатись у скороченні тривалості життя і зміні репродуктивної функції. Ступінь вираженості цих негативних впливів значною мірою визначається особливостями пристосованості окремих генотипів.

Висновки

1. Тривалість життя мух після опромінення їх ЕМХ знижувалась у C-S на 35%, cn – 33%, vg – 8%.
2. Плодючість мух після опромінення протягом 5 діб знижується тільки у мутантних форм: cn – на 27%, vg – на 25%; плодючість диких генотипів Normal і C-S за даних умов не змінюється.
3. Активність каталази в тканинах різних ліній D. melanogaster має генотипову залежність. Найбільша активність ферменту відмічена у мутантної лінії cn – 14,85 ± 1,51 мкат/л, найменша у мух дикого типу C-S – 1,75 ± 0,11 мкат/л.
4. Опромінення мух високочастотними електромагнітними коливаннями протягом однієї доби не викликало змін в активності каталази, плодючості та тривалості життя.
5. Опромінення мух високочастотними електромагнітними коливаннями протягом п'яти діб призвело до зниження активності каталази у мух дикого типу Normal та у мух мутантної лінії cn на 75% та 87% відповідно.

Література

1. *Хилл В. А.* Радиационная биология // Радиоэкология. – 2004. – Т. 41, № 2. – С. 141–152.
2. *Краев А. Н.* Воздействие електрического поля на макромолекулы // Ежегодник Российского Национального Комитета по защите от неионизирующих излучений. – М.: Алана, 2006. – С. 56–61.
3. *Нефедов Н.* Актуальные проблемы теоретической и прикладной биохимии. – Ижевск: Госхимиздат, 2001. – С. 87–89.
4. *Пряхин Е. А.* Оценка биологических эффектов электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с различной пространственной поляризационной структурой // Вестник ЧГПУ. – 2005. – № 7. – С. 166–174.

5. *Пряхин Е. А.* Адаптивные реакции при воздействии факторов электромагнитной природы // Вестник ЧГПУ. – 2006. – № 6. – С. 136–145.
6. *Пряхин Е. А.* Оценка повреждений ДНК при воздействии электромагнитных излучений радиочастотного диапазона in vivo и in vitro // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды / Под. ред. Д. З. Шибкова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2006. – С. 226–231.
7. *Пряхин Е. А., Аклеев А. В.* Влияние неионизирующих электромагнитных излучений на животных и человека. – Челябинск: Полиграф-мастер, 2007. – 247 с.
8. *Lagroye I.* Condensed Matter Nuclear Science // Wold Scientific Publishing Co / Ed. J. P. Biberian. – Singapore, 2006. – P. 537–545.
9. *Hardell L.* Influence electromagnetic oscillation on rise cancer in a brain man // Radioprotection – Colloques. – 1997. – Vol. 32, N 1. – P. 153–155.
10. *Метод* определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. И. Иванова, Н. О. Майорова, В. Е. Токарев // Лабораторное дело. – 1988. – №1. – С.16
11. *Экспрессивность* ген-энзимных систем и показатели жизнеспособности в онтогенезе инбредных линий и гибридов дрозофилы / В. Н. Тоцкий, Н. Д. Хаустова, А. М. Андриевский, Н. Г. Гандирук, Е. В. Есеркепова // Генетика. – 1990. – Т. 26, №2. – С. 1791–1799.
12. *Тоцький В. Н., Гандірук Н. Г., Ланцман І. В.* Життєздатність і частота кросинговеру на ділянці b-cn хромосоми 2 у Drosophila melanogaster, за вмісту солей тяжких металів у поживному середовищі // Вісник ОНУ. – 2003. – Т. 8, Вип. 1. – С. 75–80.
13. *Вознесенский В. Л.* Первичная обработка экспериментальных данных. – Л.: Наука, 1969. – С. 87–88.
14. *Рокицкий П. Ф.* Биологическая статистика. – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 326 с.

Н. С. Задерей, Н.Н. Чабан
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра генетики и молекулярной биологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ЭКОГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ДРОЗОФИЛЫ НА ОБЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ

Резюме
Изучали генотипические особенности показателей жизнедеятельности разных линий дрозофилы в ответ на действие на них высокочастотными электромагнитными волнами. С этой целью была сконструирована СВЧ-установка, которая продуцировала сигнал, представляющий собой непрерывную последовательность радиоимпульсов трапециеподобной формы с частотой повторения импульсов 217 Гц и частотой электромагнитного излучения 890 МГц. Установлено, что наиболее чувствительными к воздействию высокочастотных электромагнитных волн оказались мухи дикого типа Normal и мухи мутантной линии cinnabar, что проявилось в значительном снижении активности каталазы в клетках исследованных генотипов.

Ключевые слова: высокочастотные электромагнитные колебания, дрозофила, приспособленность, продолжительность жизни, плодовитость, активность каталазы.

N. S. Zaderey, N.N. Chaban
Odessa National University, Department of Genetics and Molecular Biology,
Dvoryanskaya Str. 2, Odessa, 65082, Ukraine

ECOGENETIC DROSOPHILA REACTIONS IN PRESENCE OF HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC WAVES

Summary
The genotypic properties of life activity indicator of different lines of drosophilae have been studied in presence of minor high frequency waves. Due to this study it has been constructed a SVH-installation, which produced a signal represented the continuous sequences of radio impulses of trapezoid form with frequency of 217 Hz and frequency of electromagnetic waves radiation of 890 MHz. It is know that the most sensitive to high frequency electromagnetic waves are flies of the type wild Normal and flies of mutant line cinnabar, what has been significantly shown in decrease of catalase activity in the cells of researched forms.

Keywords: high frequency electromagnetic waves, drosophila, reproduction, activity of catalase.

УДК 633.16+58.01/.07:57.044:+57.033:575.2.084

Р. І. Кедік, асп., **В. А. Топтіков**, канд. біол. наук, ст. наук. співроб.,
Л. Ф. Дьяченко, канд. біол. наук, пров. наук. співроб., **В. М. Тоцький**, д-р біол. наук, проф., зав. каф.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра генетики та молекулярної біології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: caphgen@ukr.net

ВПЛИВ КОЛХІЦИНУ НА РАННІ СТАДІЇ РОЗВИТКУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ C_1-ПОКОЛІННЯ

Обробка насінин ячменю колхіцином призводить до зниження життєздатності рослин та погіршення багатьох показників продуктивності. Змінюється також ступінь варіювання досліджуваних кількісних ознак: коефіцієнти варіації показників у дослідних рослин зростають. Середньостатистичні значення досліджуваних показників рослин лінії відхиляються від контролю меншою мірою, ніж значення показників у дослідах з рослинами сорту.
Ключові слова: колхіцин, ячмінь, мінливість.

Поліплоїдизація геномів є розповсюдженим явищем, яке грає значну роль в еволюції органічного світу [1–4]. Поліплоїдні форми широко використовуються у сільському господарстві [5–9]. З метою отримання поліплоїдних рослин найчастіше використовують колхіцин. З'ясовано механізм дії колхіцину та інших поліплоїдогених речовин, вивчено цитологічні, анатомо-морфологічні, фізіологічні та біохімічні особливості поліплоїдів [1, 5–7]. Відомо, що стабілізація хромосомного комплексу досягається через декілька (три – чотири) поколінь [5]. Однак, закономірності стабілізації геномів, функціонування та взаємодія окремих генів після збільшення кількості їх наборів у клітинах з'ясовані недостатньо. Зіставлення експресивності генів у низці поколінь штучно отриманих поліплоїдних рослин може слугувати зручною моделлю для вивчення процесу коадаптації генів у поліплоїдному геномі.

Головною метою роботи є визначення у рослин фенотипових ефектів після попередньої обробки насіння колхіцином і з'ясування рівня мінливості деяких кількісних ознак у рослин ячменю C_1-покоління у порівнянні з контрольними (не обробленими колхіцином) рослинами.

Матеріали і методи

Використовували насінин ярого ячменю сорту Чудовий, отримані з однієї рослини, та насінин дигаплоїдної лінії ячменю (94-97-21 × Чудовий) × *Hordeum bulbosum*, створеної за допомогою гаплопродюсера. Матеріал люб'язно надали старший науковий співробітник відділу селекції ячменю СГІ І.Б. Легкун та старший науковий співробітник лабораторії культури тканин Південного біотехнологічного центру у рослинництві УААН М. Л. Махновська.

Обробку колхіцином провадили відповідно рекомендаціям [1, 10, 11]. Насінин зволожували в дистильованій воді за кімнатної температури на фільтрувальному папері у чашках Петрі. Через дві доби насінин витримували 4 години при +2°С, потім переносили на три години у 0,1% розчин колхіцину, який містив 2% диметилсуль-

© Р. І. Кедік, В. А. Топтіков, Л. Ф. Дьяченко, В. М. Тоцький, 2008

фоксиду (ДМСО). Далі ретельно відмивали водою та дорощували у термостаті (24–25°С) на протязі тижня. Отримані паростки висаджували у стаканчики з землею та культивували в оранжереї. Через два тижні рослини, що вижили, висаджували у відкритий ґрунт. Для попередження випадкового перезапилення на колосся насаджували спеціальні паперові ізолятори. В якості контролю брали рослини, вирощені із насінин, оброблених тільки водою або розчином ДМСО.

Зрілі засохлі рослини збирали. Для кожного окремого куща визначали загальну і продуктивну кущистість (враховували також підгони та підседи), масу цілої рослини та її окремих компонентів (колосів, насінин та ін.), кількість колосів у рослини, колосків у колосі та сформованих насінин. На основі даних, отриманих для окремих особин (кущів), розраховували середні арифметичні значення кількісних показників для досліджуваної групи рослин. Результати, отримані для двох груп рослин (лінії та сорту), використовували для розрахунку зважених статистичних показників для сумарної групи всіх генотипів у контролі та всіх генотипів у досліді за формулами, наведеними в роботі [12]. Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою пакету програм Microsoft Excel. Для визначення ступеня зсуву середньостатистичних показників досліджуваних кількісних ознак, який відбувався під впливом колхіцину, використали так званий індекс віталітету ценопопуляції (*IVC*) [13]: $IVC = (\sum X_i / X_к) / N$, де X_i – середнє значення даної ознаки у дослідної групи рослин, $X_к$ – середнє значення даної ознаки у контролі, N – кількість досліджуваних ознак. Якщо значення у дослідної групи перевищувало контрольне, то розраховували зворотне відношення: $X_к / X_i$ [13].

Результати досліджень та їх аналіз

Обробку поліплоїдогенною речовиною проводили у трьох повторностях у 2003, 2004 та 2007 роках. З таблиць 1 і 2 видно, що колхіцин, не впливаючи на схожість, виявляв суттєву дію на подальший розвиток: знижувалася життєздатність рослин, з'являлися здуття в області вузла щитка та колеоптилю. Виникнення так званих *К*-пухлин відомо давно і є характерною для дії колхіцину [1].

Таблиця 1

Життєздатність рослин ячменю на ранніх стадіях розвитку

Аналізований матеріал	Кількість життєздатних рослин через тиждень, (схожість), %		Кількість життєздатних рослин через два тижні, %		Кількість рослин, перенесених у відкритий ґрунт, %	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
Рослини сорту, дослід 2003 року	100,0	100,0	100,0	25,0	95,0	23,8
Рослини сорту, дослід 2004 року	100,0	93,4	100,0	22,4	100,0	22,0
Рослини лінії, дослід 2007 року	90,0	83,3	70,0	45,6	65,0	34,4
Всі рослинні форми	96,7 ± 3,3	92,2 ± 4,9	90,0 ± 10,0	31,0 ± 7,3	86,7 ± 10,9	26,7 ± 3,9
P	=		0,009		0,035	

Примітки: наведено середнє арифметичне значення та його стандартна похибка; *P* - рівень значимості різниці між дослідними і контрольними рослинами; = - означає відсутність достовірної різниці

Таблиця 2

Деякі морфологічні показники рослин на ранніх стадіях їх розвитку після дії колхіцину

Аналізований матеріал	Кількість рослин, які мають К-пухлини, %	Кількість рослин у групах фенотипово відмінних паростків, %		
		Рослини, що близькі до контрольних	Рослини, що поступаються контрольним	
			Всього	У тому числі карликові рослини
Рослини сорту, дослід 2003 року, *n = 80*	92,5	42,1	57,9	15,8
Рослини сорту, дослід 2004 року, *n = 76*	94,0	35,3	64,7	17,6
Рослини лінії, дослід 2007 року *n = 90*	90,7	46,7	53,3	29,3
Всі рослинні форми, *n = 246*	92,4 ± 1,0*	41,4 ± 3,3*	58,6 ± 3,3*	20,9 ± 4,2*

Примітки: * – наведено середнє арифметичне значення та його стандартна похибка; *n* – кількість насінин, оброблених колхіцином

В таблицях 3–6 наведено значення показників продуктивності зрілих рослин. Між двома контрольними групами (обробка водою або розчином ДМСО) по досліджуваних показниках не було виявлено достовірної різниці, тому представлено дані, узагальнені для всіх контрольних рослин. Всього було аналізовано 60 генотипів: 24 контрольних (14 кущів рослин сорту і 10 – кущів рослин лінії ячменю) та 36 дослідних (17 кущів рослин сорту і 19 кущів лінійних рослин). Слід зазначити, що роки, коли проводились досліди (особливо 2007 рік), були несприятливими для вирощування злакових. До того ж, вирощування ячменю через розсаду також є неприродним для цієї культури. В зв'язку з цим значення досліджуваних показників були нижчі звичайних. Однак, для вивчення впливу колхіцину це не має принципового значення, оскільки як дослідні, так і контрольні рослини знаходились в однакових умовах.

Таблиця 3

Суха маса окремого куща та його частин

Аналізований матеріал	Маса, г			Відношення маси сформованих насінин до вегетативної маси, %
	загальна	вегетативної частини	сформованих насінин	
Контрольні рослини	21,4 ± 1,9	14,5 ± 1,3	6,6 ± 0,7	39,5 ± 1,9
Дослідні рослини	13,8 ± 1,8	11,8 ± 1,4	1,8 ± 0,4	13,0 ± 2,4
P	0,023	=	< 0,001	< 0,001

Примітки: наведено зважене середнє арифметичне значення та його стандартна похибка для всіх досліджуваних генотипів взагалі; *P* – рівень значимості відмінностей між дослідними і контрольними рослинами; = – означає відсутність достовірної різниці

Обробка колхіцином призвела до зниження показників більшості компонентів продуктивності: продуктивної кущистості рослин, кількості колосків у колосі, кількості та маси сформованих насінин на одному кущі та колосі

(табл. 3–5). За рахунок суттєвого зменшення маси зерна дослідні рослини мали меншу загальну масу. Не встановлено достовірного впливу колхіцину на формування вегетативної маси рослин (табл. 3). Це узгоджується з відомим фактом, що насіннєва продуктивність зернових культур не має стійкої кореляції з врожаєм зеленої маси [14, 15].

Таблиця 4

Кількість пагонів та насінин на окремому кущі

Аналізований матеріал	Кущистість рослин		Відношення продуктивної кущистості до загальної, %	Фертильність продуктивних пагонів*, %	Кількість сформованих насінин на кущі
	загальна	продуктивна			
Контрольні рослини	13,7 ± 0,9	11,0 ± 0,8	77,5 ± 3,1	82,2 ± 4,2	144,4 ± 14,2
Дослідні рослини	10,9 ± 1,0	7,0 ± 0,8	62,5 ± 4,9	53,9 ± 5,0	53,3 ± 8,3
P	=	0,01	0,04	< 0,001	< 0,001

Примітки: * – в якості фертильних приймали пагони, що мали хоча б одне сформоване зерно у колосі; решта приміток – як у табл. 3.

Таблиця 5

Кількісні показники розвитку колосу на кущі

Аналізований матеріал	Кількість колосків у колосі		Озерненість колосу, %	Маса, г		Відношення маси сформованих насінин до загальної маси колосу, %
	загальна	сформованих насінин		колосу	сформованих насінин	
Контрольні рослини	19,6 ± 0,5	12,7 ± 0,8	63,6 ± 3,5	0,56 ± 0,04	0,53 ± 0,04	91,6 ± 2,7
Дослідні рослини	16,9 ± 0,7	8,1 ± 0,7	50,8 ± 3,7	0,35 ± 0,02	0,30 ± 0,02	84,2 ± 2,4
P	0,026	< 0,001	0,03	< 0,001	< 0,001	0,05

Примітки: як у табл. 3

Таблиця 6

Маса 1000 зерен у досліджених рослин ячменю

Аналізований матеріал	Маса, г
Контрольні рослини	41,34 ± 1,44
Дослідні рослини	36,43 ± 1,36
P	=

Примітки: як у табл. 3

Слід звернути увагу на значне зниження всіх показників фертильності рослин після обробки колхіцином, що можна пояснити виникненням значної кіль-

кості нежиттєздатних гамет за порушення колхіцином розходження хромосом за гаметогенезу.

Найважливішим показником продуктивності є маса 1000 зерен, яка відображає кількість поживних сполук у насінні та визначає його життєздатність і схожість. Встановлено, що врожайність на 25% залежить від зазначеного показника [16]. За масою 1000 зерен дослідні рослини достовірно не відрізнялися від контрольних (табл. 6). Це узгоджується з закономірностями розвитку рослин за адаптації до несприятливих умов. З одного боку, за несприятливих умов навколишнього середовища порушується процес формування зерна [17]. З іншого боку, повинно спрацьовувати загальне правило адаптивної стратегії організмів: збереження якості потомства (маси насіння) за рахунок його чисельності (кількості насінин) [18]. У даному випадку колхіцин можна розглядати у якості чинника, обробка яким призвела до порушення взаємовідношень між рослиною та довкіллям.

За класичними уявленнями [19], колхіцин не викликає точкових мутацій або хромосомних аберацій, тому складно припустити, що виявлені фенотипові ефекти після обробки насінин колхіцином обумовлені змінами, які відбуваються на рівні нуклеотидних послідовностей ДНК. Разом з тим є спостереження, що в клітинах гречки, довго культивованих за наявності колхіцину, виявляється велика кількість хромосомних аберацій [20]. Питання взаємодії різних видів мінливості – модифікаційної та генетипової– являє собою складну проблему, і не є предметом даної роботи. Можна припустити декілька причин, що призводять до вищезазначених фенотипових змін: 1) пряма токсична дія колхіцину, обумовлена порушенням процесу поділу клітин, 2) дозовий ефект у відношенні як структурних, так і регуляторних генів, пов'язаний зі збільшенням кількості геномів, окремих хромосом або їх ділянок, 3) зміна регуляції функціонування генів у зв'язку з порушенням плоїдності рослин.

Обробка колхіцином викликає не тільки погіршення показників життєздатності та продуктивності рослин ячменю, але й призводить до змін у ступені варіювання досліджуваних кількісних ознак. В цілому, коефіцієнт варіації кількісних показників у оброблених колхіцином рослин зростає майже у два рази (табл. 7).

З одного боку, це може бути пов'язано зі збільшенням генетипової мінливості внаслідок змін у каріотипі, спровокованих специфічною дією колхіцину. З іншого боку, колхіцин можна розглядати в якості неспецифічного несприятливого чинника середовища. Ця сполука, діючи в окремих генотипах на різні "слабкі місця", погіршує загальний стан рослин та їх продуктивність. В результаті це призводить до значного збільшення фенотипової мінливості навіть споріднених генотипів і тим самим до зростання коефіцієнта варіації. Можливо, що варіювання фенотипів у цих випадках є результатом збільшення як генотипової, так і модифікаційної мінливості.

Слід зазначити, що існує генотипова залежність у реагуванні рослин на обробку колхіцином. На фоні збереження загальних тенденцій у прояві фенотипових змін у рослин під впливом колхіцину варіабельність та ступінь зсуву середньостатистичних значень досліджуваних показників неоднакова за дослідження сортового та лінійного матеріалу (табл. 7, 8). Коефіцієнт варіації у рослин сорту зростає після дії колхіціну у 2,6 рази, у лінійних рослин – тільки у півтора. У останніх середньостатистичні значення показників після обробки колхіцином відхиляються від контролю у меншій мірі, ніж у групі рослин сортового походження (табл. 8), що цілком зрозуміло, якщо враховувати більшу генетичну однорідність лінійного матеріалу.

Таблиця 7

Варіабельність досліджуваних кількісних показників

Показник	Значення коефіцієнтів варіації у різних генотипів, %					
	В цілому		Сорт		Лінія	
	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід
Загальна маса	42,8	76,6	38,6	86,6	35,8	41,3
Маса вегетативної частини, Мв	43,0	72,1	48,6	85,4	36,6	44,1
Маса сформованих насінь, Мн	53,0	125,0	43,4	101,0	91,8	138,9
Мн / Мв, %	30,2	85,8	23,5	64,2	93,0	132,8
Загальна кущистість, Кзаг	32,0	56,7	30,5	76,6	34,0	42,1
Продуктивна кущистість, Кпр	37,3	69,7	32,4	87,5	49,2	33,8
Кпр / Кзаг, %	19,6	47,4	6,9	53,7	41,4	37,5
Фертильність продуктивних пагонів, %	24,9	55,6	8,7	49,9	46,2	61,7
Кількість насінь на кущі	48,1	93,5	38,7	96,9	83,3	125,7
Кількість колосків у колосі	11,4	26,4	9,5	12,3	15,1	41,3
Кількість сформованих насінь у колосі	29,0	50,8	22,2	31,3	43,5	66,8
Озерненість колосу, %	27,0	44,1	17,2	25,9	38,1	49,6
Маса колосу, Мк	30,7	39,5	27,3	27,9	37,7	59,6
Маса сформованих насінь у колосі, Мсф	33,5	47,8	28,7	34,2	46,5	70,5
Мсф / Мк, %	14,2	17,4	2,7	9,2	23,6	22,5
Маса 1000 насінь	17,1	22,4	11,4	16,3	26,4	30,3
Середнє значення та його стандартна помилка	**30,9** ± 5,5	**58,2**± 10,3	**23,7**± 4,2	**53,6**± 9,5	**46,4**± 8,2	**62,4**± 11,0
Р к-д	< 0,001		< 0,001		0,002	
Р с-л					0,016	

Примітки: *Р к-д* - рівень значимості відмінностей між дослідними і контрольними рослинами; *Р с-л* - рівень значимості різниці між рослинами сорту та лінії

Таблиця 8

Ступінь відхилення середніх значень показників дослідних рослин у порівнянні з контролем

Показник	Значення коефіцієнта IVC		
	В цілому	Сорт	Лінія
Загальна маса	0,64	0,58	0,93
Маса вегетативної частини, Мв	0,81	0,72	0,85
Маса сформованих насінь, Мн	0,27	0,30	0,50
Мн / Мв, %	0,33	0,34	0,45

Закінчення таблиці 8

Показник	Значення коефіцієнта IVC		
	В цілому	Сорт	Лінія
Загальна кущистість, Кзаг	0,80	0,59	0,89
Продуктивна кущистість, Кпр	0,64	0,52	0,89
Кпр / Кзаг, %	0,81	0,73	0,95
Фертильність продуктивних пагонів, %	0,66	0,78	0,56
Кількість насінь на кущі	0,32	0,32	0,61
Кількість колосків у колосі	0,84	0,91	0,87
Кількість сформованих насінь у колосі	0,64	0,58	0,79
Озерненість колосу, %	0,81	0,64	0,97
Маса колосу, Мк	0,61	0,64	0,73
Маса сформованих насінь у колосі, Мсф	0,57	0,57	0,70
Мсф / Мк, %	0,92	0,88	0,98
Маса 1000 насінь	0,87	0,95	0,86
Середнє значення та його стандартна помилка	**0,66** ± 0,05	**0,63** ± 0,05	**0,78** ± 0,04
Р с-л		0,026	

Примітки: *Р с-л* – рівень значимості відмінностей між рослинами сорту та лінії

Таким чином, обробка рослин ячменю з метою отримання поліплоїдних генотипів призводить до істотних змін у фенотиповому прояві кількісних ознак, які відображують життєздатність та продуктивність рослин.

Висновки

1. Обробка насінин ячменю колхіцином призводить до зниження життєздатності паростків і порушення процесу морфогенезу з формуванням К-пухлин у більш, ніж у 90% рослин.
2. Обробка колхіцином призводить до зниження показників більшості компонентів насіннєвої продуктивності, але вегетативна маса рослин і маса 1000 зерен достовірно не змінюються.
3. В групі рослин, оброблених колхіцином, спостерігаються відхилення від контролю середньостатистичних значень досліджуваних кількісних показників та змінюється рівень їх мінливості, про що свідчить суттєве зростання коефіцієнтів варіації.
4. Характер фенотипових проявів впливу колхіцину не залежить від генотипу рослин, однак інтенсивність цих фенотипових проявів значно більша в групі генетично гетерогенних рослин сорту, ніж у лінійних рослин.

Література

1. *Бреславец Л. П.* Полиплоидия в природе и опыте. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – 363 с.
2. *Ellstrand N.C., Whitkus R., Rieseberg L.H.* Distribution of spontaneous plant hybrids // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1996. – Vol. 93, May. – P. 5090– 5093.

3. *Comparative* genomics of plant chromosomes / A. H. Paterson, J. E. Bowers, M. D. Burow, X. Draye, C. G. Elsik, C.-X. Jiang, C.S. Katsar, T.-H. Lan, Y.-R. Lin, R. Ming, R.J. Wright // Plant Cell. - 2000. - Vol. 12, September. - P. 1523- 1539.
4. *Levy A. A., Feldman M.* The impact of polyploidy on grass genome evolution // Plant Physiology. - 2002. - Vol. 130, December. - P. 1587- 1593.
5. *Полиплоидия* и селекция. Труды совещания 14- 18 января 1963 г. - М.; Л.: Наука, 1965. - 320 с.
6. *Бормотов В. Е., Турбин Н. В.* Экспериментальная полиплоидия и гетерозис у сахарной свеклы. - Минск: Наука и техника, 1972. - 232 с.
7. *Лаптев Ю. П.* Гетероплоидия в селекции растений. - М.: Колос, 1984. - 248 с.
8. *Тетраплоидные* тритикале / В. Е. Бормотов, Н. И. Дубовец, А. М. Щербакова, Н. С. Бадаев. - Минск: Навука і техніка , 1992. - 287 с.
9. *Гордей И. А.* Тритикале: Генетические основы создания. Минск: Навука і техніка, 1992. - 287 с.
10. *Методы* создания первичных тритикале и пути их улучшения. Методические рекомендации. Составитель Н. Г. Максимов. - Одесса: ВСГИ, 1982. - 28 с.
11. *Reynolds T. L.* Pollen embryogenesis // Pl. Mol. Biol. - 1997. - Vol. 33. - P. 1- 10.
12. *Атраментова Л. О., Утєвська О. М.* Статистичні методи в біології: Підручник. - Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. - 288 с.
13. *Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М.* Адаптивный морфогенез и эколого-ценотические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии. Сборник материалов VII Всеросс. популяционного семинара (Сыктывкар, 16- 21 февраля 2004 г.). - Сыктывкар, 2004. - Ч. 2. - С. 113- 120.
14. *Пшеница* / Ред. Л. А. Животков. - К.: Урожай, 1989. - 319 с.
15. *Куркина Ю. Н., Ткаченко И. К.* Взаимосвязи некоторых признаков у кормовых бобов // Информационный вестник ВОГиС. - 2003. - № 23. - www.bionet.nsc.ru/vogis/vestnik.php?f=2003&p=23_1 - 24k.
16. *Никонова В. П.* Агрономическая тетрадь по возделыванию озимых зерновых культур и яровой пшеницы по интенсивным технологиям. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 88 с.
17. *Сортовая* агротехника зерновых культур / Ред. Н. А. Федорова. - К.: Урожай, 1989. - 328 с.
18. *Лархер В.* Экология растений. - М.: Мир, 1978. - 384 с.
19. *Лобашев* М. Е. Генетика. - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1969. - 752 с.
20. *Мухитов А. Р., Валиева А. И., Румянцева Н. И.* Получение и свойства колхицин-резистентного каллуса *Fagopyrum tataricum* // Вестник Башкирского университета. - 2001. - № 2 (I). - С. 152- 154.

Р. И. Кедик, В. А. Топтиков, Л. Ф. Дьяченко, В. Н. Тоцкий
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра генетики и молекулярной биологии,
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: caphgen@ukr.net

ВЛИЯНИЕ КОЛХИЦИНА НА РАННИЕ СТАДИИ РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ C_1-ПОКОЛЕНИЯ

Резюме
Обработка семян ячменя колхицином приводит к снижению жизнеспособности растений и ухудшению большинства показателей продуктивности. Изменяется также степень варьирования исследуемых количественных признаков: коэффициенты вариации показателей у опытных растений возрастают. Среднестатистические значения исследуемых показателей линейного материала отклоняются от контрольных в меньшей мере, чем в группе растений, принадлежащих сорту.

Ключевые слова: колхицин, ячмень, изменчивость.

R. I. Kedick, V. A. Toptikov, L. F. Diachenko, V. M. Totsky
Odessa Mechnikov National University,
Department of Genetic and Molecular Biology,
Dvoryanskaya str., 2, Odessa, 65082, Ukraine, e-mail: caphgen@ukr.net

INFLUENCE OF COLCHICINE ON THE EARLY STAGES OF DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF PLANTS OF BARLEY OF C_1-GENERATION

Summary
Treatment of barley seeds by colchicine cause the decline of viability of plants and worsen-ing of most productivity indexes. The degree of variability of the tested quantitative characteristics changes as well: the coefficients of variation of the indexes increase at experimental plants. The av-erage values of tested indexes of linear material deviate from control in less measure, then in the group of plants belongings to the sort.

Keywords: colchicine, barley, variability.

УДК 633.11:581.143.6

Т. М. Корня, асп., **С. О. Ігнатова,** д-р. біол. наук, зав. лаб. культури тканин
Південний біотехнологічний центр у рослинництві УААН,
Овідіопольська дорога, 3, Одеса, 65036,Україна, e-mail: odonata@mail.ru

ВПЛИВ ТОКСИНУ DON ТА ФІЛЬТРАТІВ КУЛЬТУРАЛЬНОЇ РІДИНИ ГРИБА *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE НА КУЛЬТУРУ ЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ

Наведено результати вивчення впливу автоклавованих та неавтоклавованих фільтратів культуральної рідини (ФКР) гриба *Fusarium graminearum* та мікотоксину DON на довжину паростка та головного корінця різних за стійкістю до фузаріозу колосу сортів озимої м'якої пшениці. Вивчено вплив ФКР на частоту проростання зрілих зародків та утворення ранового калюсу. Зроблено висновок про те, що одними з інгібуючих ріст агентів в ФКР є термостабільні речовини, можливо мікотоксини.
Ключові слова: *Fusarium graminearum* Schwabe, м'яка пшениця, фільтрат культуральної рідини, мікотоксин, ізольовані зрілі зародки, культура *in vitro*.

Фузаріоз колосу – небезпечне захворювання пшениці, під час якого втрати врожаю можуть досягати 50% і навіть більше. При цьому захворюванні в зернах накопичуються мікотоксини, що є небезпечними для тварин та людини, бо викликають важкі токсикози. Серед усіх токсинів, що синтезує *F. graminearum*, найбільш розповсюдженим є токсин Deoxynivalenol (DON). Окрім канцерогенних властивостей, токсини гриба здатні витримувати термічну обробку і тим самим зберігатись у продуктах харчування та викликати тяжкі захворювання [1]. Боротьба з фузаріозом колосу за допомогою фунгіцидів малоефективна, тому найбільш раціональним з точки зору екологічної безпеки є створення стійких до фузаріозу колосу сортів пшениці.

Традиційна селекція по створенню стійких до фузаріозу колосу ліній пшениці займає 10, а інколи й більше років. У зв'язку з цим на деяких етапах добору актуальним є використання методів біотехнології, за допомогою яких можна скоротити строки селекції до 3-х років [2, 3]. Отже, розробка та вдосконалення методів селекції *in vitro* стійких до *F. graminearum* форм пшениці з використанням ФКР гриба та мікотоксинів, як можливих селективних агентів, є перспективною [4–7]. Раніше показано, що толерантність експлантів пшениці до ФКР *F. graminearum* в умовах *in vitro* корелює з польовою стійкістю донора експланту [8].

Таким чином, метою нашого дослідження було порівняти рівень фітотоксичного впливу автоклавованих та неавтоклавованих ФКР, а також токсину DON за культивування *in vitro* зрілих зародків різних за стійкістю до фузаріозу колосу сортів пшениці.

Матеріали та методи

Для більш коректного вивчення впливу ФКР на культуру зародків пшениці *in vitro* в дослідах використовували матеріал двох сортів селекції СГІ, які відрізнялися стійкістю до фузаріозу колосу: Обрій як стійкий та Одеська напівкарликова як сприйнятливий сорти. За експлант використовували зрілі зародки. Насіння стерилізували 4 хвилини 70% етиловим спиртом, після чого витриму-

© Т. М. Корня, С. О. Ігнатова, 2008

вали 40 хвилин у розчині стабілізованого хлорного вапна, який нейтралізували 10 хвилин 0,05 н соляною кислотою, а потім промивали 4 рази дистильованою водою. Перед виділенням зародків насіння витримували у холодильнику при температурі +2°С. Для приготування ФКР гриб був культивований на стандартному рідкому середовищі Чапека в темноті при температурі +22°С впродовж 12 днів. Після цього рідина була відділена від міцелію гриба та пропущена через фільтри Milipore з розміром пор 0,22 мкм. Щоб визначити природу селективного фактора у складі ФКР, останній додавали до безгормонального середовища MS (Murashige-Scoog) в концентрації 50% від об'єму середовища до та після автоклавування (Навт – неавтоклавований, Авт – автоклавований). Одним із варіантів було живильне середовище з токсином DON у концентрації 80 мкг/л. В якості контролю використовували середовище MS, що не містило ні ФКР, ні токсину. В досліді враховували кількість зародків, які проросли на третю добу, кількість утвореного ранового калюсу, а також довжину паростка та головного корінця на десяту добу культивування в порівнянні з контролем. Математичні розрахунки та статистичний аналіз проводили за допомогою комп'ютерної програми EXCEL та пакету аналізу StatPlus. Статистично вірогідну різницю між групами за ознаками частоти проростання та калюсоутворення проводили за допомогою критерію χ^2. Перевірку розподілу величин на відповідність до нормального розподілу проводили за критерієм Шапіро-Уілка. Статистично значущу різницю кількісних ознак визначали за допомогою непараметричного аналога дисперсійного аналізу критерію Крускала-Уоліса [9, 10].

Результати дослідження та їх обговорення

В усіх без виключення дослідах було виявлено достовірний ($p<0,05$) інгібуючий вплив ФКР сильно- (56) та слабкопатогенного (ab) штамів *F. graminearum* на проростання ізольованих зародків у нестійкого сорту Одеська напівкарликова (рис. 1).

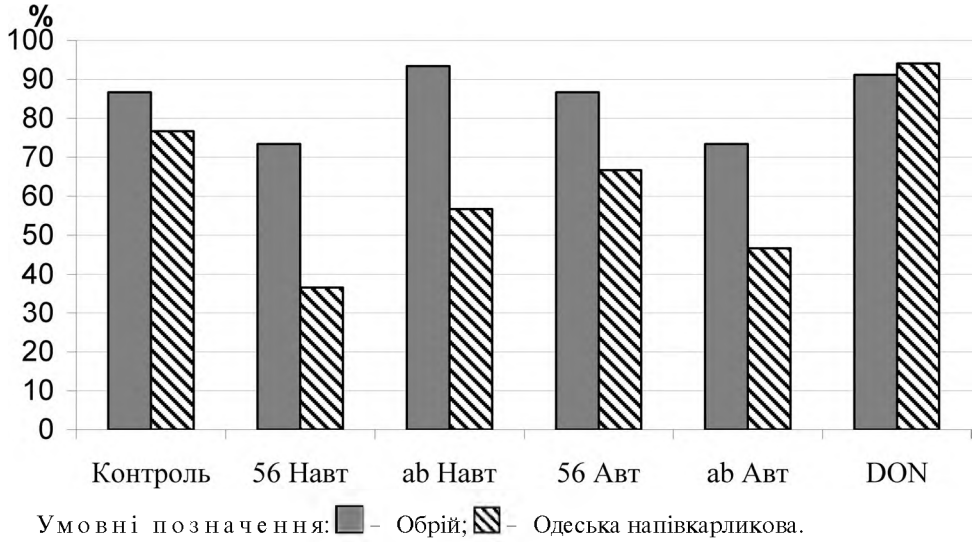
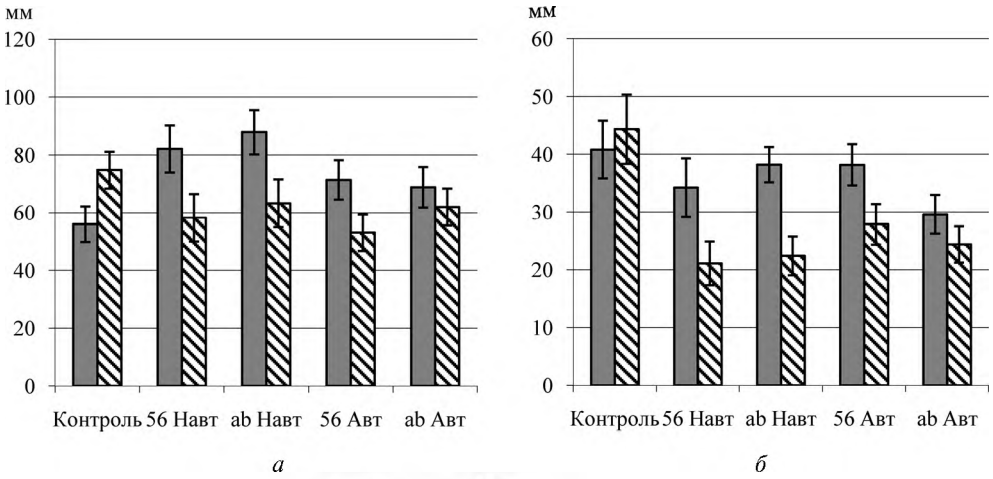


Рис. 1. Проростання ізольованих зрілих зародків м'якої пшениці сортів Обрій та Одеська напівкарликова в культурі *in vitro* за наявності в середовищі ФКР *F. graminearum*

В протилежність цьому, проростання зародків стійкого сорту Обрій за впливу ФКР обох штамів *F. graminearum* не змінювалося. Токсин DON у концентрації 80 мкг/л також не впливав на досліджувані показники різних за стійкістю до фузаріозу колосу сортів.

За наявності ФКР (Навт) в живильному середовищі середня довжина паростків стійкого сорту Обрій збільшувалась у порівнянні з контролем майже на третину. Таким чином, неавтоклавовані ФКР обох штамів гриба стимулювали ріст паростків у стійкого сорту ($p<0,05$), в той час як середня довжина паростків нестійкого сорту при додаванні ФКР як автоклавованого, так і неавтоклавованого, залишалася на рівні контролю (рис. 2, *а*).



Умовні позначення: – Обрій; – Одеська напівкарликова.

Рис. 2. Вплив ФКР різних штамів *F. graminearum* на довжину паростків (*а*) та головних корінців (*б*) пшениць сортів Обрій та Одеська напівкарликова

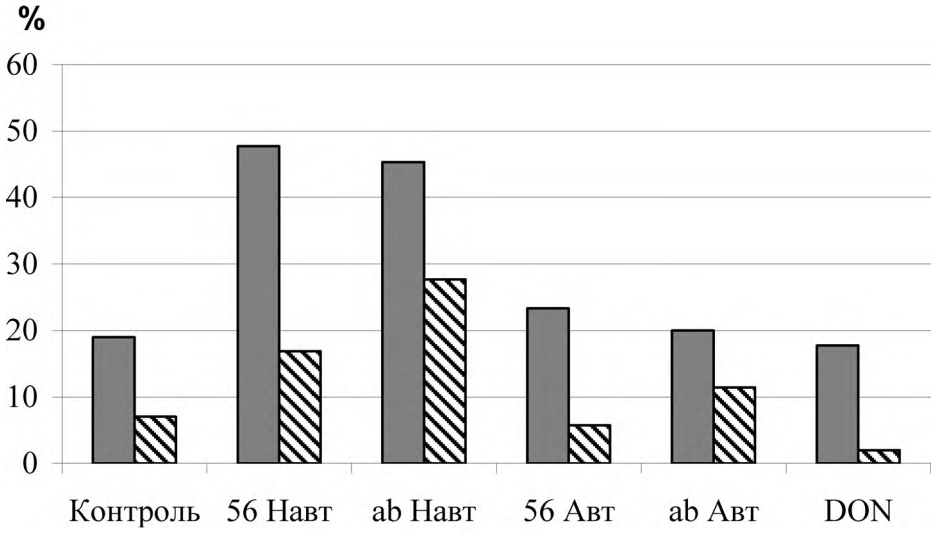
Статистично вірогідних відмінностей між зазначеними ефектами ФКР різного походження не спостерігали.

Виявлено інгібуючу дію ($p<0,05$), як автоклавованого, так і неавтоклавованого ФКР на середню довжину головного корінця у нестійкого сорту Одесська напівкарликова. Ця довжина була меншою у порівнянні з контролем майже в два рази. Середня довжина корінця у стійкого сорту за дії ФКР різних штамів гриба залишалася на рівні контролю. Впливу DON на показник «довжина корінця» виявлено не було (рис. 2, *б*).

На середовищах, що містили різні за походженням ФКР гриба (без термічної обробки) у стійкого та сприйнятливого сортів спостерігалось достовірне ($p<0,01$) збільшення частоти утворення ранового калюсу у порівнянні з контролем (рис. 3). Ймовірно, ФКР обох штамів гриба містять сполуки з гормональною активністю, що підтверджується також ростовою стимуляцією паростків стійкого сорту Обрій неавтоклавованими ФКР (рис. 1).

Утворення калюсу досить часто пригнічувало процес ризогенезу та впливало на стан паростка, що виявлялося в пригнічені його росту та стимуляції росту колеоптиля. Це істотно впливало на показники досліджуваних ознак. При використанні автоклавованих ФКР гриба та токсину DON збільшення частоти утворення ранового калюсу спостережено не було. Тому для оцінки толерант-

ності рослин до ФКР *F. graminearum* в культурі *in vitro* доцільним є використання автоклавованих ФКР.



Умовні позначення: – Обрій; – Одеська напівкарликова.

Рис. 3. Утворення ранового калюсу під впливом ФКР та токсину DON

Оскільки висока температура призводить до денатурації білкових молекул, у тому числі ферментів, можна припустити, що діючими токсичними та водночас селективними агентами в ФКР гриба можуть бути речовини небілкової природи, такі як мікотоксини. Оскільки використання токсину DON у концентрації 80 мкг/л не впливало на досліджувані показники росту зрілих зародків обох сортів, то проведення наступних експериментів буде спрямовано на збільшення концентрації чистого токсину в живильному середовищі для культивування.

Висновки

1. Виявлено позитивний вплив автоклавованих ФКР сильно- (56) та слабкопатогенного (ab) штамів *F. graminearum* на ріст паростків м'якої пшениці стійкого сорту Обрій.

2. За однакових умов досліду в культурі *in vitro* не виявлено суттєвих відмінностей в дії ФКР різних за патогенністю штамів *F. graminearum* на досліджувані параметри розвитку зрілих зародків пшениці.

3. Відмічено інгібуючий вплив автоклавованих і неавтоклавованих ФКР на ріст головного корінця у сприйнятливого сорту Одеська напівкарликова.

4. Показано, що частота утворення ранового калюсу у обох сортів збільшувалася при дії неавтоклавованих ФКР.

5. Наявність у живильному середовищі токсину DON у концентрації 80 мкг/л не впливало на досліджувані показники проростання та росту зрілих зародків обох сортів.

Література

1. *Билай В. И.* Фузарии. Изд-е второе дополн., АН УССР Ин-т микробиологии и вирусологии им Д. К. Заболотного. – К.: Наукова думка, 1977. – 442 с.
2. *Волощук С. І.* Клітинна селекція пшениці на стійкість до *Fusarium graminearum* SCHWABE: Автореф. дис... канд. сільс.-госп. наук 03.00.15 / Інститут агроекології УААН. – К., 2006. – 20 с.
3. *Sélection in vitro* pour la résistance à la fusariose de l'épi le blé panifiable / Jean Collin, André Comeau, Daniel Dostaler, Sylvie Rioux, Alain Létourneau. – Gouvernement du Québec, Ministére de l'Agriculture des Pkcheries et de l'Alimentation. – 2000. — projet N 4468
4. *Sélection* in vitro pour la résistance à la fusariose de l'épi chez le blé / F. Eudes, J. Collin, S. Roux, A. Comeau // $6_{émee}$ J. Scientifiques du Biotechnologies Végétales AUPELF.UREF – Orsay, 1997. – P. 335– 336.
5. *Волощук Г. Д.* Суспензійна культура пшениці *Triticum aestivum* L. та її використання в генетико-селекційних дослідженнях: Автореф. дис... канд. біол. наук. 03.00.12 / Інститут фізіології рослин і генетики НАНУ. – К., 2000. – 19 с.
6. *Лаврова Н. В.* Разработка и применение биотехнологий для получения устойчивых к фузариозу растений озимой пшеницы (гаплоидная) и огурца (меристемная, каллусная и микроспорогенная): Автореф. дис... д-ра биол. наук. – М., 2006. – 46 с.
7. *Obtention* de pieds néoformés suite à l'induction de cals embryogénes d'embryons zygotiques de blés par le borate de sodium et un extrait de *Fusarium graminearum* / Rachid Karim, Hassan Chlian, Alain Badoc, Allal Douira // Bull. Soc. Farm. Bordeaux, N 144. – 2005. – P. 195– 210.
8. *Мазур А. Л., Игнатова С. А.* Определение сублетальных концентраций фильтрата *Fusarium graminearum* Schwabe для получения устойчивых форм мягкой пшеницы в культуре in vitro // Фактори експериментальної еволюції організмів. Зб. наук. праць за ред. М. В. Роїка. – К., Логос, 2006. – Т. 3. – С. 484– 489.
9. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. Ю. А. Данилова – М.: Практика, 1998. – 459 с.
10. *Атраментова Л. О., Утєвська О. М.* Статистичні методи в біології: Підручник. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. – 288 с.

Т. М. Корня, С. А. Игнатова
Южный биотехнологический центр в растениеводстве УААН,
Овидиопольская дорога 3, Одесса, 65036, Украина, e-mail: *odonata@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ТОКСИНА DON И ФИЛЬТРАТОВ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ГРИБА *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE НА КУЛЬТУРУ ЗРЕЛЫХ ЗАРОДЫШЕЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Резюме
Изучено влияние автоклавированных и неавтоклавированных фильтратов культуральной жидкости двух штаммов *F. graminearum* – сильно- (56) и слабопатогенного (ав), а также токсина DON на прорастание и рост изолированных зародышей сортов мягкой пшеницы, контрастных по устойчивости к фузариозу колоса. Результаты экспериментов показали, что угнетение прорастания изолированных зрелых зародышей и угнетение роста главного корешка у восприимчивого к грибу сорта Одесская полукарликовая не зависело от термической обработки исследуемых ФКЖ. Влияния токсина DON на изучаемые показатели не наблюдалось.

Ключові слова: *Fusarium graminearum* Schwabe, мягкая пшеница, фильтрат культуральной жидкости, микотоксин, изолированные зрелые зародыши, культура *in vitro*.

T. M. Kornya, S. A. Ignatova
South Plant Biotechnology Center,
Ovidiopolskaya St., 3, Odessa, 65036, Ukraine, e-mail: odonata@mail.ru

THE INFLUENCING OF THE TOXIN DON END CULTURED LIQUID OF FUNGUS *FUSARIUM GRAMINEARUM* SCHWABE ON CULTURE OF MATURE EMBRYOS OF COMMON SOFT WHEAT

Summary
The influence of the cultured liquid of fungus (CLF, autoclaved and not autoclaved) from two strains *F. graminearum* has been studied: with high – (56) and Lawpathogenesity (ав) and influence of the toxin DON on germination and growth process of the isolated embryos of common wheat cultivars contrasted to the resistance to fungus of fusarium. The results of the experiments were shown that the inhibition of germination of the isolated mature embryos and repression of the length of the main root at the susceptible cultivars did not depend on the thermal processing of investigated CLF. Influence of the toxin DON on studied parameters has not been found out.

Keywords: *Fusarium graminearum* Schwabe, head blight, mycotoxin, cultured liquid of fungus, mature germs, culture *in vitro*.

ЗООЛОГІЯ

УДК 592 + 519.6

А. Е. Пахомов[1], д-р биол. наук, проф., **Ю. Л. Кульбачко**[1], канд. биол. наук, доц., **О. А. Дидур**[2], канд. биол. наук, мл. науч. сотр.
[1]Днепропетровский национальный университет, биолого-экологический факультет, кафедра зоологии и экологии,
пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, 49050

[2]Днепропетровский национальный университет, НИИ биологии,
e-mail: a.pakhomov@i.ua; didur@ua.fm

ИЗМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДВУПАРНОНОГИХ МНОГОНОЖЕК (*DIPLOPODA*) НА ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВОГРУНТАХ В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

В работе изучалось совместное воздействие шахтной породы, почвенной массы чернозема обыкновенного и подстилки робинии псевдоакации на биомассу представителей *Diplopoda*. Получена математическая модель, описывающая именение биомассы кивсяков от состава смеси. Отмечено достоверное уменьшение массы тела *Diplopoda*, обитающих на шахтной породе, и увеличение при добавлении к компонентам смеси (шахтной породе и чернозему) листового опада робинии.
Ключевые слова: двупарноногие многоножки, искусственные почвогрунты, модельный эксперимент.

Введение

Ускоренные темпы развития современного техногенеза оказывают все более глубокое и разнообразное воздействие на природные ландшафты. В результате разработки угольных месторождений на месте естественных ландшафтов формируются отвально-карьерные комплексы, которые проходят две фазы развития: техногенного преобразования и постехногенного [1]. Огромные конусообразные терриконы из породы, частиц угля и шлака не только способствуют отторжению плодородных земель, но и значительно ухудшают санитарно-гигиенические условия местности, представляют определенную опасность для здоровья людей [2]. Помочь решению этой проблемы может проведение биологической и, в частности, лесной рекультивации нарушенных территорий.

Основной задачей лесной рекультивации является создание устойчивого культурбиогеоценоза. Учитывая, что горная порода терриконов, как и выбросы крупных промышленных предприятий [3, 4], токсична и негативно влияет на предствителей фито-, зоо- и микробоценоза, при проведении лесной рекультивации зачастую приходится использовать различные варианты искусственных почвосмесей. Впоследствии они становятся средой обитания представителей почвенных беспозвоночных, которых можно рассматривать как один из важнейших элементов формирующегося зооценоза.

В почвах встречается огромное число представителей разных таксономических групп. Почвенная фауна представляет собой облигатный структурно-функциональный компонент почвы. Ее представители, адаптированные к жизни в почве, активно влияют на формирование почвенного профиля, круговорот орга-

© А. Е. Пахомов, Ю. Л. Кульбачко, О. А. Дидур, 2008

нических, токсических веществ в нем. Каждой размерной группе беспозвоночных присуще свое, специфическое распределение в почвенных горизонтах [5].

В последние годы особое внимание на рекультивированных территориях уделяется выявлению общих закономерностей в изменениях растительных и животных сообществ. Так, синэкологические характеристики представителей почвенной мезофауны, включающие в себя оценку динамики численности, биомассы, видового разнообразия, структуры доминирования, соотношения биоморф дают наиболее полное представление о характере ее становления на нарушенных почвах.

Одним из важных показателей состояния сообщества той или иной группы почвенных беспозвоночных служит изменение биомассы ее представителей. Этот показатель может быть использован в оценке пригодности искусственной почвосмеси для оптимального существования представителей различных размерных групп (в частности мезофауны) почвенных беспозвоночных.

Нами был проведен лабораторный эксперимент с целью выявления влияния искусственных почвогрунтов на представителей почвенных сапрофагов.

Материал и методы исследования

Большинство из окружающих нас в природе (и применяемых в технике) веществ являются смесями разнообразных компонентов. С такими системами повсеместно приходится сталкиваться при решении различных задач химии, химической технологии, металлургии, промышленности строительных материалов, биологии и др. Таковы, например, горные породы, руды и минералы, стекла, технические сплавы, строительные материалы и др.

Естественно, что свойства подлежащих обработке смесей будут зависеть не только от природы и относительного содержания составляющих смесь компонентов, но и от условий обработки – температуры, давления, физического состояния веществ, наконец от наличия растворителей и примесей. Изменением пропорций (относительного содержания) отдельных компонентов, то есть изменением состава многокомпонентной системы, а также режима обработки (воздействия), можно придать смеси желаемые свойства [6–8].

Для изучения многофакторных систем наиболее целесообразным является применение статистических методов планирования эксперимента. Под планированием эксперимента понимают процесс определения числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью [9–11].

Целью исследования сложных многокомпонентных систем обычно является построение зависимостей свойств от состава и режима обработки, нахождение оптимального состава и режима, удовлетворяющих требованиям по одному или нескольким выходным параметрам (свойствам системы). Эти многокомпонентные системы удобно исследовать, используя методы математического планирования эксперимента для изучения и оптимизации сложных систем с ограничениями на переменные – так называемого планирования эксперимента на диаграммах состав–свойство [12 и др.].

Для установления влияния трехкомпонентной смеси, включающей шахтную породу (x_1), почвенную массу чернозема обыкновенного (x_2) в качестве субстрата, содержащего гумус, подстилку из листьев робинии псевдоакации (x_3) на биомассу такого типичного сапрофага как кивсяк, был проведен лабораторный эк-

сперимент. План эксперимента приведен ниже (табл. 1). В каждой точке плана было реализовано по два параллельных опыта.

Исследование проведено в течение одного месяца (с 10.10.07 по 10.11.07). Для создания оптимального водного обеспечения условий обитания животных имитировали выпадение осадков 35 мм/30 дней.

Таблица 1

Матрица планирования и обозначение откликов

Номер опыта	План (состав смеси, доля единицы)			Отклик
	Шахтная порода (x_1)	Почвенная масса чернозема обыкновенного (x_2)	Подстилка ложноакациевая (x_3)	
1	1	0	0	y_1
2	0	1	0	y_2
3	0	0	1	y_3
4	0,5	0,5	0	y_{12}
5	0,5	0	0,5	y_{13}
6	0	0,5	0,5	y_{23}
7	0,333	0,333	0,333	y_{123}
8	0,15	0,595	0,255	Проверочная точка
9	0,3	0,49	0,21	Проверочная точка

Переменные x_i (i = 1, 2, ... q) таких систем являются пропорциями (относительным содержанием) i-х компонентов смеси и удовлетворяют условию

$$\sum_{1 \le i \le q} x_i = 1 \ (x_i \ge 0).$$

Первые 6 опытов представляют собой симплекс-решетчатый план типа {3, 2}, где 3 – количество компонентов, 2 – степень полинома. На приведенном ниже тернарном графике отмечены точками координаты эксперимента. Отклики y_{12}, y_{13} и y_{23}, образующие квадратическую решетку, получены добавлением к линейным решеткам срединных точек сторон (рис. 1). Это означает, что отклику y_{12} соответствует содержание в смеси 50 % шахтной породы (1-й компонент) и 50% почвенной массы чернозема (2-й компонент), отклику y_{13} – смесь из 50% шахтной породы (1-й компонент) и 50% подстилки (3-й компонент) и т. п. Добавив к такой квадратической решетке всего лишь одну точку в центре тяжести симплекса – отклик y_{123}, которому отвечает 33,3%-ный состав всех смесовых компонентов, – получаем неполно-кубическую решетку.

Для проверки адекватности полученной модели были реализованы опыты в трех проверочных точках (опыты № 7, 8, 9). Такие проверочные точки позволяют расширить модель до неполной кубической, адекватно описывающей экспериментальные результаты.

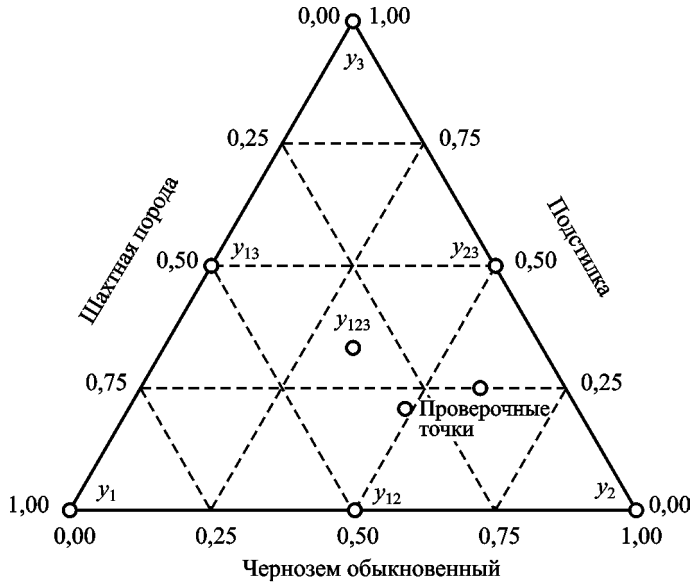


Рис. 1. Геометрическая интерпретация плана эксперимента на симплекс-решетке с обозначениями откликов

Результаты и их обсуждение

Результаты эксперимента приведены в табл. 2. В крайнем правом столбце таблицы указаны средние значения прибавки массы животного, найденные как разница между массой животного до начала опыта и после него.

Таблица 2

Результаты планирования – изменение биомассы животного-сапрофага

Номер опыта	Состав смеси (доля единицы)			Отклик
	Шахтная порода (x_1)	Почвенная масса чернозема обыкновенного (x_2)	Подстилка из листьев белой акации (x_3)	Средняя прибавка массы за 1 месяц, г (n = 9 экз.) (y)
1	1	0	0	- 0,48
2	0	1	0	0,04
3	0	0	1	1,04
4	0,5	0,5	0	- 0,04
5	0,5	0	0,5	- 0,12
6	0	0,5	0,5	0,94
7	0,333	0,333	0,333	0,14
8	0,15	0,595	0,255	0,36
9	0,3	0,49	0,21	- 0,04

После реализации матрицы планирования были рассчитаны коэффициенты полинома третьей степени и построено уравнение регрессии вида

$$y = -0{,}425x_1 + 0{,}085x_2 + 1{,}04x_3 - 1{,}66x_1x_3$$
$$(R^2 \text{ с учетом степеней свобод} = 93{,}2\ \%),$$

где y – прибавка массы кивсяков, г; x_1 – относительное содержание шахтной породы в смеси; x_2 – относительное содержание чернозема в компонентной смеси; x_3 – относительное содержание листового опада в трехкомпонентной системе. Модель описывает характер и степень влияния факторов на зависимую переменную. Эффект взаимодействия y_1y_2 исключен из модели, поскольку его уровень значимости равен 0,37. Эффекты факторов и их взаимодействий после исключения были пересчитаны и приведены в табл. 3. Большая величина коэффициента детерминации R^2 показывает что полученная неполная кубическая модель вполне работоспособна. Проверка модели также показала, что она адекватна (α = 0,004), то есть приемлемо согласуется с экспериментальными значениями.

Таблица 3

Эффекты и их статистическая оценка

Линейные эффекты и их взаимодействия	Коэффициент	Уровень значимости α для эффектов взаимодействия
y_1	- 0,425	
y_2	0,085	
y_3	1,04	
y_1y_2	искл.	-
y_1y_3	- 1,66	0,048
y_2y_3	1,51	0,061
$y_1y_2y_3$	- 3,21	0,340

Анализ уравнения регрессии показывает, что достоверно значимыми являются следующие факторы – воздействие шахтной породы, чернозема и лесной подстилки и их эффект – взаимодействие шахтной породы и подстилки (табл. 3). Значимость эффекта от взаимодействия чернозема и подстилки приближается к 0,06, что позволяет отметить это взаимодействие лишь в качестве приближенной тенденции. Установлено, что, вынужденно обитая на шахтной породе, животные теряют массу ($-0{,}425x_1$). Если сапрофаг существует на таком субстрате как чернозем, то наблюдается небольшое по величине положительное приращение массы ($+0{,}085x_2$). Но самая большая прибавка массы сапрофага характерна для условий их обитания на подстилке ($+1{,}04x_3$). При взаимодействии в смеси шахтной породы и подстилки возникает отрицательный эффект, приводящий к тому, что животные теряют свою массу ($-1{,}66x_1x_3$). В этом эффекте знак «минус», скорее всего, связан именно с наличием в смеси шахтной породы. Вопрос о том, какой компонент в этом взаимодействии приводит к большей убыли (или прибавке) массы тела не корректен, поскольку при перемножении долей даже в случае их перестановки (например 10% породы и 70% подстилки, либо наоборот), количественный эффект будет одинаков: $-1{,}66\times0{,}10\times0{,}70 = -1{,}66\times0{,}10\times0{,}70$.

Тройной эффект от взаимодействия между собой шахтной породы, чернозема и подстилки оказался статистически незначимым.

Рассмотрим изменение массы животных при одновременном уменьшении в смеси относительного содержания шахтной породы и увеличении содержания подстилки (табл. 4). Установлено, что как только в смеси увеличивается доля подстилки (например, от 50 до 85%) и снижается доля шахтной породы (от 25 до 5%), наблюдается положительный прирост массы тела животных.

Таблица 4

Изменение массы организмов при варьировании факторов

Порода			Подстилка			Почвенная масса чернозема обыкновенного		
%	Эффект	Δ, г	%	Эффект	Δ, г	%	Эффект	Δ, г
25	- 0,11	-	50	0,52	-	25	0,02	-
20	- 0,08	0,03	70	0,73	0,21	10	0,01	- 0,01
5	- 0,02	0,09	85	0,88	0,36	10	0,01	- 0,01

При увеличении содержания породы и уменьшении в смеси доли подстилки (табл. 5) происходит закономерная убыль массы тела животных. Такая реакция организмов естественна на ухудшение экологических условий обитания.

Таблица 5

Изменение массы организмов при варьировании факторов

Порода			Подстилка			Почвенная масса чернозема обыкновенного		
%	Эффект	Δ, г	%	Эффект	Δ, г	%	Эффект	Δ, г
40	- 0,17	-	20	0,21	-	30	0,03	-
70	- 0,29	- 0,12	10	0,10	- 0,11	20	0,02	- 0,01
85	- 0,36	- 0,19	5	0,05	- 0,16	10	0,01	- 0,02

Интересно отметить, что наблюдаемый эффект от воздействия почвенной массы чернозема на массу сапрофагов на порядок ниже, чем от воздействия подстилки (табл. 6). Его величина мала и варьирует в очень узком диапазоне.

Таблица 6

Изменение массы организмов при варьировании факторов

Порода			Подстилка			Почвенная масса чернозема обыкновенного		
%	Эффект	Δ, г	%	Эффект	Δ, г	%	Эффект	Δ, г
5	- 0,02	-	5	0,05	-	90	0,08	-
10	- 0,04	- 0,02	30	0,31	0,26	60	0,05	- 0,03
70	- 0,29	- 0,27	10	0,10	0,05	20	0,02	- 0,06

Согласно полученному уравнению регрессии, была построена поверхность отклика (рис. 2). Она позволяет визуально оценить влияние факторов на параметр оптимизации – изменение биомассы животного – в любой области

факторного пространства. Видно, что отклик имеет нелинейную зависимость, вносимую за счет эффекта взаимодействия шахтной породы и листового опада (x_1x_3).

На рисунке отчетливо виден максимальный эффект изменения биомассы представителей *Diplopoda* при преобладании в трехкомпонентной смеси (шахтная порода, подстилка, чернозем) подстилки из опада робинии, а минимальный – шахтной породы. Такие изменения биомассы отражают в целом жизненное состояние представителей блока сапрофагов на примере двупарноногих многоножек.

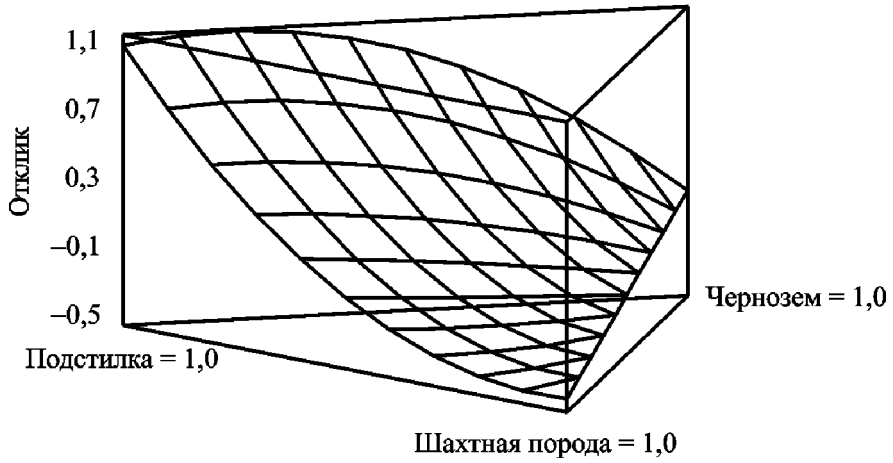


Рис. 2. Поверхность отклика для исследованной трехкомпонентной системы

Выводы

Экспериментально изучено влияние искусственных почвосмесей, которые могут возникать в результате посттехногенного преобразования земель, на представителей почвенных беспозвоночных на примере двупарноногих многоножек.

Выявлены такие сочетания почвосмесей, которые оказывают значимое влияние на изменение биомассы животных-сапрофагов (кивсяков).

Получена математическая модель, описывающая зависимость биомассы кивсяков от экспериментальных факторов.

Отмечено достоверное уменьшение массы тела зоопредставителей, обитающих на шахтной породе, и увеличение – при добавлении к компонентам смеси (шахтной породе и чернозему) листового опада робинии псевдоакации.

Литература

1. *Глебова О. И.* Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов лесостепной зоны Кузбасса // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы Междунар. науч. конф. – Екатеринбург, 2007. – С. 169–177.

2. *Глазырина М. А.* К вопросу восстановления фиторазнообразия на терриконах угольных шахт Урала / М. А. Глазырина, Н. В. Лукина, Т. С. Чибрик // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы Междунар. науч. конф. – Екатеринбург, 2007. – С. 149–167.
3. *Воробейчик Е. Л.* Население дождевых червей (*Lumbricidae*) лесов Среднего Урала в условиях загрязнения выбросами медеплавильных комбинатов // Экология. – 1989. – № 2. – С. 102–108.
4. *Воробейчик Е. Л.* Реакция лесной подстилки и ее связь с почвенной биотой при токсическом загрязнении // Лесоведение. – 2003. – № 2. – С. 32–42.
5. *Смирнов Ю. Б.* Некоторые зооэкологические и биохимические показания почвенных беспозвоночных на участках рекультивации Западного Донбасса // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – Д.: ДНУ, 2002. – Вип. 6. – С. 140–149.
6. *Верзилов В. В.* Влияние компонентов муки на рост и нуклеазную активность актиномицетов / В. В. Верзилов, В. Н. Максимов, Н. А. Красильников // Заводская лаборатория. – 1972. – № 6. – С. 877–881.
7. *Маркова Е. В.* Применение частично сбалансированного неполноблочного плана для исследования физико-механических свойств резиновых смесей / Е. В Маркова, С. Н. Путилина, И. С. Борисенко // Заводская лаборатория. – 1972. – № 10. – С. 1234–1239.
8. *Селезнев В. А.* Оптимизация процесса раскисления спокойной углеродистой стали / В. А. Селезнев, А. Н. Сургучев, Н. П. Литвиненко и др. // Заводская лаборатория. – 1973. – Т. 39, № 3. – С. 327–328.
9. *Адлер Ю. П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
10. *Налимов В. В.* Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 207 с.
11. *Томашевський В. М.* Моделювання систем. – К.: Видавнича група BHV, 2005. – 352 с.
12. *Зедгинидзе И. Г.* Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 390 с.

О. Є. Пахомов, Ю. Л. Кульбачко, О. О. Дідур
Дніпропетровський національний університет, біолого-екологічний факультет, кафедра зоології та екології,
пр. Гагарина, 72, г. Дніпропетровськ, 49050, Україна

ЗМІНА БІОМАСИ ПРЕДСТАВНИКІВ ДВОПАРНОНОГИХ БАГАТОНІЖОК (*DIPLOPODA*) НА ШТУЧНИХ ҐРУНТАХ У МОДЕЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАХ

Резюме
Вивчали сумісний вплив шахтної породи, ґрунтової маси чорнозему звичайного та підстилки робінії псевдоакації на біомасу представників *Diplopoda*. Створено математичну модель, що відображує зміну біомаси ківсяків від складу суміші. З'ясовано достовірне зменшення маси тіла *Diplopoda*, які мешкають на шахтній породі, і збільшення при додаванні до компонентів суміші (шахтній породі і чорнозему) листяного опаду робінії.

Ключові слова: двопарноногі багатоніжки, штучні ґрунти, модельний експеримент.

A. Ye. Pakhomov, Yu. L. Kul'bachko, O. A. Didur
Dnipropetrovsk National University, Faculty of Biology,
Department of Zoology and Ecology,
Gagarin str., 72, Dnipropetrovsk, 49050, Ukraine

VARIABILITY DYNAMICS OF MILLIPEDES (*DIPLOPODA*) BIOMASS IN ARTIFICIAL SOIL'S IN THE MODEL EXPERIMENTS

Summary
Mutual influence of mining rock, chernozem soil and litter of *Robinia pseudoacacia* L. on *Diplopoda* biomass has been studied. Mathematical models reflected the dependence of vegetable-eating milliped's biomass changing upon experimental factors (blends composition) is presented. Significant decrease of body mass of the millipeds inhabited on mining gobs and its increase in response to adding of *Robinia pseudoacacia* L. leaf litter to the soil blend were found.

Keywords: *Diplopoda*, artificial soils, model experiments.

УДК: 595.142.2(262.5)

А. С. Терентьев, науч. сотр.
Южный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии (ЮгНИРО),
ул. Свердлова, 2, Керчь, 98300, Крым, Украина,
e-mail: iskander@kerch.net

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЛИХЕТЫ *TEREBELLIDES STROËMI* SARS, 1861 (*POLYCHAETA, TRICHOBRANCHIIDAE*) В КЕРЧЕНСКОМ ПРЕДПРОЛИВЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

Terebellides stroëmi в районе Керченского предпроливья Черного моря наиболее часто встречается на участке южнее Керченского полуострова и в глубоководной юго-восточной части Керченского предпроливья. Обычен на глубине более 20 м, но чаще всего встречается на глубине около 70 м. Наиболее подходящим грунтом является ил. Подходит также и песчанистый ил. Избегает песка. Обитает на заиленной ракуше и фазеолиновом иле, однако численность и биомасса здесь менее значительны, чем на илах или илистом песке. Характерен групповой тип распределения. Самые большие группы наблюдаются на илах.
Ключевые слова: *Terebellides stroëmi*, полихеты, распространение, Черное море.

Terebellides stroëmi является одним из наиболее массовых видов полихет Черного моря. Этот вид – один из основных объектов питания осетровых [3]. Распространение этого вида в Керченском предпроливье изучено недостаточно. Целью работы было не только выяснить особенности встречаемости этого вида на рассматриваемой акватории, но и установить, какие глубины и грунты являются для него наиболее благоприятными.

Материалы и методы

В работе использованы данные ЮгНИРО за 1986–1990 гг. Обследована площадь 5,3 тыс. км^2, на которой было заложено 68 станций и отобрано 340 проб. Пробы отбирали дночерпателем "Океан" площадью захвата 0,25 м^2 на глубинах от 10 до 100 м.

При установлении степени влияния глубины и типа грунта на уровень развития *T. stroëmi* применялся дисперсионный анализ [7].

Для выявления наиболее предпочитаемого этим видом типа грунта и глубины использовали коэффициент верности в биотопе $w=(x_i-x)/\sigma$, где x_i – средняя численность полихет в i-том биотопе, $\bar{x}$ – средняя арифметическая особей во всей выборке, σ – среднее квадратическое отклонение [2]. При значении w более нуля вид считался характерным для данного биотопа, а если оно было меньше нуля, то чуждым.

Оценку типа распределения полихеты проводили с помощью индекса рассеяния $W=\frac{\sigma^2}{\bar{x}}$ [9].

Достоверность различий оценивали с помощью параметрических и непараметрических критериев при 5% уровне значимости ($p<0,05$).

 © А. С. Терентьев, 2008

Результаты исследований и их обсуждение

T. stroëmi встречается почти на всей обследованной акватории Керченского предпроливья Черного моря, от г. Анапа до мыса Такиль. Исключением является небольшой участок, непосредственно прилегающий к Керченскому полуострову (рис. 1).

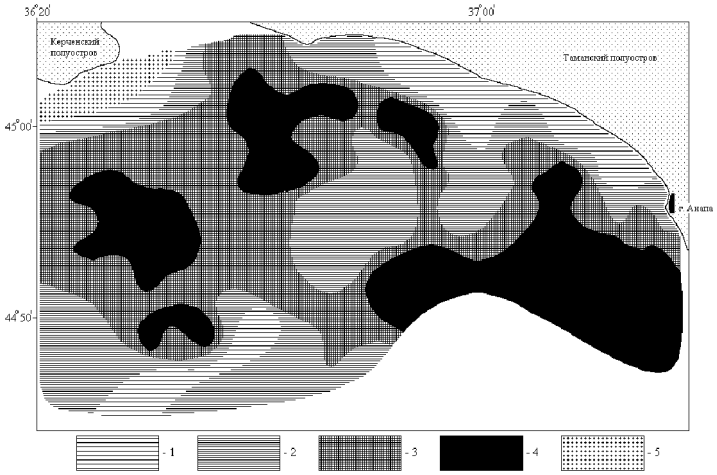


Рис. 1. Встречаемость *T. stroëmi* в Керченском предпроливье Черного моря. Условные обозначения: 1 - 0-25%, 2 - 25-50%, 3 - 50-75%, 4 - 75-100%, 5 - не встречается

Особи вида распределены достаточно неравномерно. Наиболее часто и в большем количестве встречаются на участке южнее Керченского полуострова, на траверзе Керченского пролива и в глубоководной юго-восточной части Керченского предпроливья. Вдоль Таманского побережья и в глубоководной северо-западной части встречаемость вида ниже. Заметно снижена его встречаемость в центральной части предпроливья.

Чтобы понять особенность такого распределения, необходимо выяснить, от каких факторов среды оно в наибольшей степени зависит. Наиболее очевидными факторами, влияющими на распределение донных животных, являются глубина и тип грунта. Исследуемый вид не является исключением (табл. 1).

Таблица 1

Степень (%) влияния глубины и типа грунта на численность, биомассу, агрегированность и встречаемость *T. stroëmi* в Керченском предпроливье Черного моря

Фактор	Численность	Биомасса	Агрегированность	Встречаемость
Глубина	2 ± 1	8 ± 3	11 ± 5	11 ± 2
Тип грунта	13 ± 2	2 ± 1	29 ± 14	29 ± 3
Совместное влияние глубины и типа грунта	9 ± 5	4 ± 2	16 ± 8	2 ± 1
Влияние всех организованных факторов	24 ± 7	14 ± 8	56 ± 27	42 ± 6

Наиболее сильное влияние на рассматриваемые характеристики оказывает тип грунта. Исключением является биомасса – она больше зависит от глубины. Следует заметить, что эта величина в наименьшей мере зависит от организованных факторов, но пренебрегать их влиянием нельзя. В целом есть основания считать, что на биомассу *T. stroëmi* больше влияют другие факторы. Влияние глубины на численность полихеты очень мало. Однако сочетание факторов глубины и типа грунта оказывают довольно сильное влияние на изменение численности полихеты. Наиболее выраженное влияние рассматриваемый комплекс факторов оказывает на агрегированность и встречаемость полихеты. Именно от него зависит около половины всех изменений, происходящих в характере распределения и встречаемости *T. stroëmi*.

Вначале рассмотрим распределение по глубине. Эта полихета встречается во всем диапазоне рассматриваемых глубин (рис. 2).

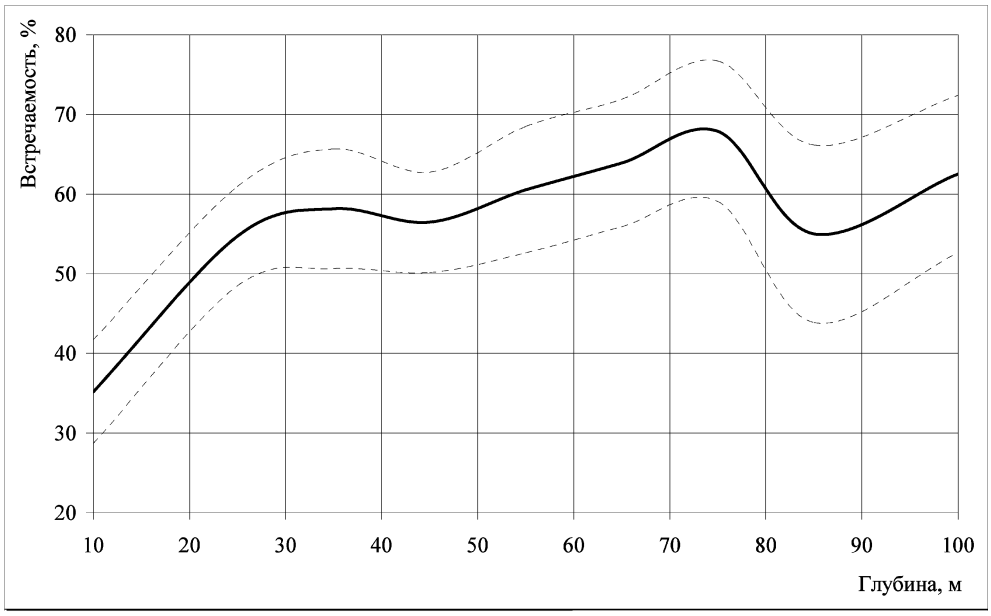


Рис. 2. Встречаемость *T. stroëmi* на различных глубинах в Керченском предпроливье Черного моря

Наиболее быстро встречаемость растет до 30 метровой изобаты. Причем, начиная с глубины 20 м это уже обычный вид, он встречается не менее чем в половине проб. Далее встречаемость продолжает расти. Своего максимума она достигает в районе 70-метровой изобаты. Затем наблюдается небольшое снижение встречаемости, но и в этом случае этот показатель *T. stroëmi* составляет примерно 60%, т. е. остается очень высоким.

Распределение изучаемого вида по грунтам было сложным (табл. 2).

Как показывает коэффициент верности, полихета явно предпочитает илистые грунты, где наблюдается ее наиболее высокая встречаемость, численность и биомасса. Подходящим грунтом для нее можно считать и песчанистый ил. При равной встречаемости и биомассе *T. stroëmi* на песчаном дне имеет в 1,6–2,6 раза более низкую численность, чем на чистом иле. Наименее подходящим грунтом

для полихеты является песок. Здесь изредка встречаются лишь единичные экземпляры. Нельзя признать подходящей для обитания этого вида и песчанистую ракушу. Несмотря на достаточно высокую встречаемость полихеты на этом типе грунта, ее численность и биомасса были относительно невысокими. К ракуше, заиленной ракуше и фазеолиновому илу данный вид, по-видимому, относится индифферентно. Он не избегал этих грунтов, его численность и биомасса здесь были достаточно высокими, однако более низкими, чем на илах или илистом песке.

Таблица 2

Количественные характеристики *T. stroëmi* на различных грунтах

Тип грунта	Численность, экз./м²	Биомасса, г/м²	Встречаемость, %	Коэффициент верности
Песок	2,5± 0,7	0,28±0,02	1 - 15	-0,84±0,24
Песчаная ракуша	8,1± 2,5	1,57±0,42	38 - 54	-0,36±0,14
Ракуша	13,0± 4,6	2,05±0,81	40 - 68	+0,06±0,24
Илистый песок	11,2± 4,6	2,63±0,97	18 - 62	-0,40±0,33
Песчанистый ил	23,6± 3,2	3,84±0,61	64 - 92	+0,48±0,18
Заиленная ракуша	14,8± 4,8	2,59±0,93	43 - 53	-0,17±0,32
Фазеолиновый ил	12,1± 1,6	1,00±0,17	52 - 60	-0,29±0,31
Ил	49,6±10,9	3,44±1,02	75 - 85	+1,51±0,47

Таким образом, *T. stroëmi* чаще всего встречается на илах (рис. 3).

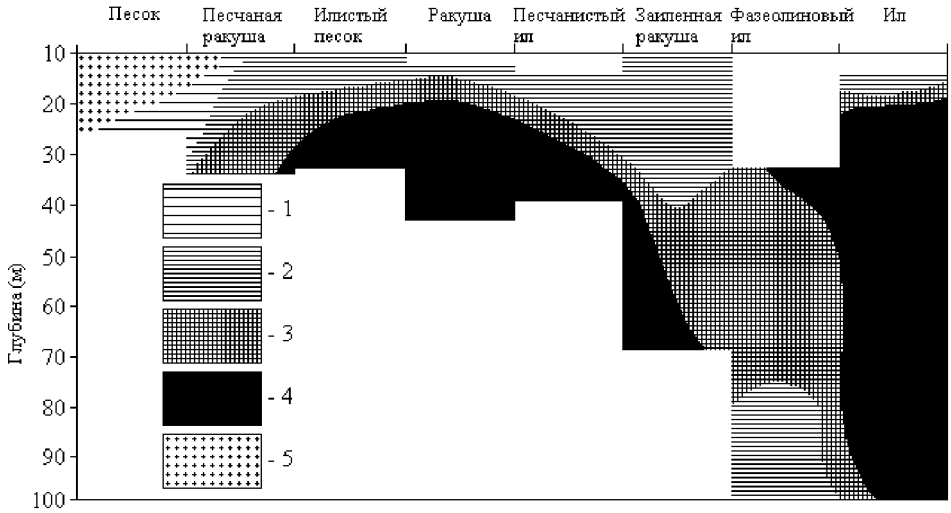


Рис. 3. Встречаемость *T. stroëmi* (в %) на различных грунтах и глубинах. Условные обозначения: 1 - 0 - 25 %, 2 - 25 - 50 %, 3 - 50 - 75 %, 4 - 75 - 100 %, 5 - не встречается

Обычен он также в глубоководной части предпроливья на илистом песке, песчанистом иле, ракуше и заиленной ракуше. На песке очень редок.

На небольших глубинах препятствием для распространения этого вида могут служить как штормовое перемешивание воды и грунта, так и дефицит необхо-

димых илов. Изучаемому виду ил необходим для построения трубок, в которых он живет [1]. По способу питания – это детритофаг, собирающий детрит с поверхности грунта [4, 5, 6, 8], чем можно объяснить его практически полное отсутствие на песке, где очень мало илистых частиц, необходимых для постройки трубок, в которых живут эти полихеты, и очень скудна кормовая база. На илах, где с избытком хватает материала для постройки трубок и имеется хорошая кормовая база, *T. stroëmi* распространен очень хорошо.

Для этого вида, по всей видимости, характерен групповой тип распределения (табл. 3).

Таблица 3

Степень агрегированности *T. stroëmi* на различных грунтах

Тип грунта	Индекс рассеяния	Среднее количество особей в группе	Максимальное количество особей в группе	Доля одиночных особей в %
Песок	8,0± 2,8	7,30±2,20	8	1 - 13
Песчаная ракуша	7,8± 2,6	3,90±0,95	15	32 - 54
Ракуша	4,9± 2,0	6,00±1,50	11	4 - 24
Илистый песок	12,0±11,0	7,00±3,80	13	28 - 72
Песчанистый ил	10,8± 5,2	8,70±3,20	25	13 - 45
Заиленная ракуша	36,0±12,0	7,60±2,50	97	26 - 41
Фазеолиновый ил	6,3± 1,0	5,45±0,59	22	15 - 24
Ил	43,0±12,0	17,40±3,80	119	6 - 16

Большинство особей собрано в группы. Самые большие группы наблюдаются на илах. Они в среднем втрое – вчетверо больше, чем на других типах грунта. Здесь же в одной группе наблюдается максимальное количество животных. Максимальные по численности группы встречаются также на заиленной ракуше, особенно в ее нижней части. Большие группы не редки и на песчанистом иле. Для песчанистой ракуши и фазеолинового ила характерны немногочисленные группы, однако на последнем попадаются и довольно большие скопления *T. stroëmi*. В крайних условиях (песок и ил) почти все особи собраны в группы. Доля одиночных особей не высока. На песке это объясняется тем, что животные селятся только на тех участках, которые защищены от вымывания илов каким-либо подводным препятствием. Участки эти, как правило, небольшие. Небольшое количество одиночных особей и относительно малые группы полихет на илах также можно объяснить особенностями распределения субстрата. Ил здесь накапливается между отдельными створками отмерших моллюсков, что создает большую мозаичность пригодного для поселения субстрата, а малая его площадь не позволяет образовывать большие группы. То же самое можно сказать и о песчаной ракуше, только условия распространения пригодного для поселения субстрата здесь еще более мозаичны. Есть участки, где ила мало для образования скопления, но где, тем не менее, могут выжить отдельные особи, что и объясняет большую долю одиночных особей на этом типе грунта. Высокая доля одиночных особей на илистом песке и песчанистом иле, возможно, связана с быстрой колонизацией этой полихетой разрушенных участков биоценозов на данных грунтах.

Выводы

1. *Terebellides stroëmi* в районе Керченского предпроливья Чёрного моря наиболее часто встречается на участке южнее Керченского полуострова и в глубоководной юго-восточной части Керченского предпроливья.

2. Изучаемый вид редко встречается на глубинах менее 20 м, глубже которых является обычно встречающимся видом. Наиболее часто полихета встречается на глубине около 70 м.

3. Наиболее подходящим грунтом для *T. stroëmi* является ил. Подходящим для него субстратом можно считать также и песчанистый ил. Наименее пригоден для обитания песок. Полихета не избегает ракушу, заиленную ракушу и фазеолиновый ил.

4. Для *T. stroëmi* характерен групповой тип распределения. Самые большие группы, до 119 экземпляров, наблюдаются на илах.

5. Наиболее высокой численности и биомассы *T. stroëmi* достигает на илах, где его численность в среднем равняется 49,6±10,9 экз./м^2, а биомасса – 3,44±1,02 г/м^2.

Литература

1. *Золотарев П. Н., Шляхов В. А., Акселев О. И.* Кормовая база и питание русского осетра *Acipenser gueldenstaedti* и севрюги *Acipenser stellatus* северо-западной части Черного моря в современных экологических условиях // Вопросы ихтиологии. - 1996. - Т. 36. - № 3. - С. 357- 362.
2. *Плохинский Н. А.* Биометрия. - М.: Изд. Московского университета, 1970. - 367 с.
3. *Количественная* оценка верности местообитанию / Л. Н. Ердаков, В. М. Ефимов, Ю. К. Галактионов, В. Е. Сергеев // Экология. - 1978. - С. 105- 107.
4. *Elliot J. M.* Statistical analysis of samples of bentic invertebrates / Freshwater Biol. Assoc. Sci. Publ. - 1971. - Vol. 25. - P. 114.
5. *Виноградов К. А., Лосовская Г. В.* Класс многощетинковые черви - Polychaeta. // Определитель фауны Черного и Азовского морей, Т. 1. - К.: Наукова думка, 1968. - С. 251- 359.
6. *Киселева М. И.* Пищевые спектры некоторых донных беспозвоночных Черного моря // Зоологический журнал. - 1975. - Т. 54. - Вып. 11. - С. 1595- 1601.
7. *Лосовская Г. В.* Экологические комплексы полихет Черного моря по характеру субстрата и типам питания / Биологические проблемы океанологии южных морей. - К.: Наукова думка, 1969. - С. 78- 80.
8. *Лосовская Г. В.* Экология полихет Черного моря. К.: Наукова думка, 1977. - 91 с.
9. *Савилов А. И.* Биологический облик группировок донной фауны северной части Охотского моря / Тр. Института океанологии. - М.: АН СССР, 1957. - Т. 20. - С. 88- 170.

О. С. Терентьєв
Південний науково-дослідний інститут рибного господарства
та океанографії (ПІВДЕННІРО),
вул. Свердлова, 2, Керч, 98300, Крим, Україна

РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПОЛІХЕТИ *TEREBELLIDES STROËMI* SARS, 1861 (*POLYCHAETA, TRICHOBRANCHIIDAE*) У КЕРЧЕНСЬКОМУ ПЕРЕДПРОТОЧЧІ ЧОРНОГО МОРЯ

Резюме
Terebellides stroëmi у районі Керченського передпроточчя Чорного моря найчастіше зустрічається на ділянці південніше Керченського півострова та в глибоководній південно-східній частині Керченського передпроточчя. Уздовж Таманського узбережжя, у центральній і глибоководній північно-західній частинах зустрічається рідше. Звичайно знаходиться на глибині понад 20 м, але найчастіше зустрічається на глибині 70 м. Оптимальним для мешкання ґрунтом є мул. Цілком сприятливим є і піщанистий мул. Уникає піску. Не уникає ракуші, змуленої ракуші та фазеолінового мулу, однак чисельність і біомаса тут значно нижчі, ніж на мулах або мулистому піску. Характерний груповий тип розповсюдження. Найбільші групи спостерігаються на мулах.

Ключові слова: *Terebellides stroëmi*, поліхети, розповсюдження, Чорне море.

A. S. Terentyev
Southern Scientific Research Institute of Marine Fishery and Oceanography (YugNIRO),
Sverdlova str., 2, Kerch, 98300, Crimea, Ukraine

DISTRIBUTION OF POLYCHAETA *TEREBELLIDES STROËMI* SARS, 1861 (*POLYCHAETA, TRICHOBRANCHIIDAE*) IN THE AREA BEFORE THE KERCH STRAIT OF THE BLACK SEA

Summary
Terebellides stroëmi in the area before the Kerch Strait of the Black Sea occurs most often on the ground to the south of the Kerch Peninsula and in the deep-water southeastern part of the area before the Kerch Strait. It occurs more seldom along the Taman coast, in the central and north-western part. It is usual on the depth more than 20 m, but it occurs most often on the depth of 70 m. The most suitable ground is silt. Sandy silt also suits it. It avoids sand. It does not avoid shells, silted shells and faseoline silt, however the abundance and biomass there were lower than on silts and silted sand. Group type of distribution is typical. The largest groups are observed on silts.

Keywords: *Terebellides stroëmi*, polychaetes, distribution, the Black Sea.

МІКРОБІОЛОГІЯ І ВІРУСОЛОГІЯ

УДК 579.811.2/3:546.81

І. В. Кушкевич, асп., **С. О. Гнатуш**, канд. біол. наук, проф.,
С. П. Гудзь, канд. біол. наук, проф.
Львівського національного університету імені Івана Франка,
кафедра мікробіології
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005; e-mail: Ivan_ Kushkevych@ukr.net

ЗМІНА ДЕЯКИХ ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *THIOCAPSA ROSEOPERSICINA* ЗА ВПЛИВУ РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ КАДМІЙ СУЛЬФАТУ

Вивчено ріст фототрофних пурпурових сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina* за впливу різних концентрацій кадмій сульфату. Показано, що внесення солі кадмію у середовище пригнічує ріст бактерій. Визначено швидкість поглинання кисню *T. roseopersicina* при рості у середовищі з кадмієм. Проведено аналіз спектрів поглинання пігментів *T. roseopersicina* за різних концентрацій кадмій сульфату. Визначено якісний та кількісний склад основних фотосинтезувальних пігментів у клітинах за цих умов.
Ключові слова: кадмій, токсичність, поглинання кисню, пурпурові сіркобактерії, бактеріохлорофіли, каротиноїди.

Однією з найважливіших екологічних проблем сучасності є підвищення рівня антропогенного забруднення навколишнього середовища важкими металами, що виявляють токсичну дію на всі живі організми. Вони потрапляють у навколишнє середовище при видобуванні і переробці корисних копалин, разом зі стічними водами металургійних і гальванічних виробництв, із газоаерозольними викидами при експлуатації теплових електростанцій тощо [1]. На відміну від органічних ксенобіотиків, які розкладаються до кінцевих продуктів (вуглекислого газу, води, метану), метали не можуть необоротно перетворитись у нетоксичні сполуки [2]. Внаслідок цього, потрапляючи у довкілля, мігрують і нагромаджуються у харчових ланцюгах. У міру зростання ступеня адаптації мікроорганізмів до важких металів спостерігається їх включення у біологічні процеси [1]. Це призводить до утворення замкнутого кругообігу, аналогічно до такого азоту, сірки, вуглецю, фосфору.

У малих концентраціях окремі метали поводять себе як мікроелементи, необхідні для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів [2]. Деякі з останніх здатні використовувати певні сполуки важких металів у нетоксичних концентраціях як кінцевий акцептор електронів. У високих концентраціях важкі метали негативно впливають на структуру та функції природних екосистем, під їх впливом відбувається пригнічення біохімічної діяльності мікроорганізмів, включаючи інгібування активності ферментів [3] тощо.

Процес індустріалізації призвів до підвищення концентрації іонів важких металів у техносфері та біосфері на декілька порядків. Найбільш багатими на важкі метали є стічні води промислових виробництв. Такий «еволюційний тиск» змусив мікроорганізми розвивати «стратегії» стійкості, що призвело до появи у багатьох із них плазмід [4], які визначають стійкість до високих концентрацій сполук металів.

За токсичністю важкі метали розташовуються у такій послідовності: ртуть, срібло, мідь, кадмій, цинк, свинець, хром, нікель, кобальт. Цей порядок може

© І. В. Кушкевич, С. О. Гнатуш, С. П. Гудзь, 2008

змінюватися залежно від виду організму і від того, присутні ці елементи в розчині у вигляді вільних іонів, чи входять до складу органічних або неорганічних сполук [1].

Метою нашої роботи було дослідити вплив кадмій сульфату на ріст, швидкість поглинання кисню та склад пігментів пурпурових сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina*.

Матеріали та методи досліджень

У роботі використовували культуру пурпурових фотосинтезувальних сіркобактерій *Thiocapsa roseopersicina*, виділену з водойм Яворівського сіркового родовища [5].

Бактерії вирощували у рідкому середовищі Ван Ніля протягом 10 діб за анаеробних умов при температурі 20–23°С і постійному освітленні лампою розжарювання із використанням червоного світлофільтра. Анаеробних умов досягали, заповнюючи 20 мл пробірки середовищем так, щоб під гумовим корком не залишалося повітря.

Для дослідження впливу на ріст мікроорганізмів різних концентрацій кадмію його вносили у середовище у вигляді кадмій сульфату у концентраціях 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 мМ. Біомасу культури визначали за мутністю суспензії клітин фотоелектроколориметрично, використовуючи КФК-3 (λ = 660 нм, оптичний шлях 3 мм).

Швидкість поглинання кисню сіркобактеріями визначали полярографічно. Величину дифузного струму реєстрували за допомогою полярографічної установки, зібраної на базі закритого електрода Кларка, самописця КСП-4, магнітної мішалки для перемішування суспензії та скляної термостатованої закритої комірки об'ємом 1 мл. Температуру інкубації клітин підтримували на рівні 26°С термостатуючою водяною банею. Напруження кисню у розчині визначали за допомогою електрополярографа у *нг* O_2. Зміни напруження кисню під час досліду реєстрували за допомогою самописця КСП-4 на паперовій стрічці, швидкість руху якої була 1800 мм/год.

Поглинання кисню визначали за кутом нахилу кривої поглинання кисню. Швидкість поглинання кисню виражали у *нг* O_2/хв·мг клітин. У комірку почергово вносили 1 мл суспензії культури *T. roseopersicina*, яка вирощена при різних концентраціях кадмій сульфату (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 мМ).

Для визначення якісного та кількісного складу фотосинтезуючих пігментів клітини *T. roseopersicina* центрифугували протягом 30 хв. при 8000 об/хв. Надосадкову рідину зливали, а одержану біомасу наносили на поверхню скла і висушували при температурі 40°С. Висушені клітини руйнували розтиранням із кварцовим піском [6].

Пігменти екстрагували сумішшю етанолу та ацетону (1:1) до повного знебарвлення осаду. Одержані екстракти використовували для реєстрації спектрів поглинання [7, 8].

Хроматографічне розділення пігментів проводили на силуфолових пластинках ("Sorbfil", Росія) у висхідному потоці системи розчинника бензин : ацетон : петролейний ефір : гексан (10:10:3:10) [6]. Стандартними зразками (свідками) були астаксантин із панцира креветок та β-каротин із клітин гриба *Blakeslea trispora*.

Ідентифікацію пігментів проводили за забарвленням на хроматограмах, величинами *Rf* та максимумами поглинання при різних довжинах хвиль [9, 10].

Спектри поглинання екстрагованих пігментів записували у видимій та ультрафіолетовій ділянках спектра на двопроменевому спектрофотометрі "Specord M-40". Вміст пігментів клітин *T. roseopersicina* розраховували на 1 г сухої маси [6]. Концентрації основних пігментів розраховували за формулою:

$$C = \frac{D}{E \cdot l},$$

де C – концентрація пігменту, г/л; D – оптична густина розчину, E – питомий коефіцієнт екстинкції відповідного пігменту ($E_{кар}$ = 271,8 при 474 нм, $E_{бхл}$ = 930,0 при 770 нм), л · г$^{-1}$ · см$^{-1}$; l – товщина поглинаючого шару, см.

Вміст пігментів обчислювали за формулою:

$$A = \frac{C \cdot V \cdot K}{H},$$

де A – кількість пігменту на 1 г сухої ваги клітин (мг/г), C – концентрація пігменту, г/л; V – об'єм екстракту, мл; H – наважка клітин, г; K – відношення об'єму елюату до об'єму розчину, нанесеного на хроматограму.

Для електронномікроскопічних досліджень клітини двічі відмивали дистильованою водою та осаджували центрифугуванням при 10000 об/хв. протягом 15 хв. Клітини фіксували в 1,5%-му водному розчині $KMnO_4$ упродовж 20 хв при кімнатній температурі. Постфіксацію проводили з використанням 1%-го розчину OsO_4 у какодилатному буфері протягом 90 хв при 0°С. Фіксовані клітини промивали, обезводнювали в розчинах із зростаючими концентраціями етанолу і оксиду пропілену. Зразки переносили в епоксидну смолу Epon 812. Ультратонкі зрізи отримували на ультрамікротомі УМТП – 6 і контрастували цитратом плюмбуму за Рейнольдсом [11].

Перегляд і фотографування зразків проводили на електронних трансмісійних мікроскопах УЕМВ – 100 Б і ПЕМ – 100 за прискорюючої напруги 75 кВ. Кінцеве збільшення на мікрофотографіях – 6000–8000 разів.

Статистичні показники вираховували із експериментальних даних (середнє арифметичне – M; стандартна похибка середнього арифметичного – m). Для оцінки достовірності різниці між статистичними параметрами альтернативних сукупностей даних обчислювали коефіцієнт Стьюдента [12]. Достовірною вважалася різниця при P > 0,95. Статистичне опрацювання результатів проводили, використовуючи програму Origin.

Результати досліджень та їх обговорення

Вплив різних концентрацій кадмій сульфату на ріст бактерій Thiocapsa roseopersicina

Виділені з водойм Яворівського сіркового родовища та ідентифіковані як *Thiocapsa roseopersicina* мікроорганізми мають клітини сферичної або овальної форми діаметром 1,0–3,0 мкм. Живуть поодиноко або в агрегатах по 2–4 і більше клітин. Найчастіше клітини оточені слизом, нерухомі, не містять газових вакуолей (рис. 1).

Досліджувані мікроорганізми культивували протягом 10 діб у середовищі Ван Ніля з різними концентраціями кадмій сульфату. Як видно з рис. 2, при вирощуванні *T. roseopersicina* у середовищі Ван Ніля без кадмію (контроль) на восьму добу росту біомаса є максимальною і становить 5,45 ± 0,02 г/л.

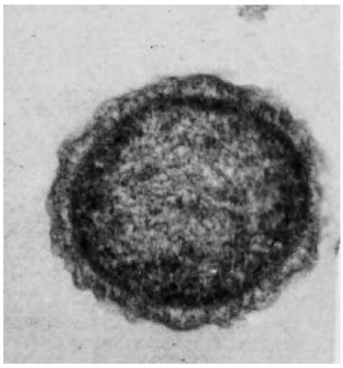


Рис. 1. Ультраструктура клітин *T. roseopersicina*, вирощених у середовищі Ван Ніля

У присутності 0,5 мМ кадмій сульфату на першу добу біомаса становила 1,606 ± 0,011 г/л. На другу добу культивування спостерігали значне зростання біомаси. З четвертої доби спостерігали уповільнення ростових процесів і перехід у стаціонарну фазу росту.

При культивуванні *T. roseopersicina* у присутності іонів кадмію в концентраціях від 1 до 2,5 мМ (рис. 2) максимальною в усіх варіантах була біомаса на четверту добу, після якої спостерігали уповільнення росту та перехід культури у стаціонарну фазу. Можливо, у перші дні росту, на першому етапі взаємодії бактерій з розчином солі металу, відбувається фізико–хімічна сорбція (поглинання двозарядного катіону) [13], що не впливає суттєво на ростові процеси. Після проникнення в клітину метал зв'язується з білками цитоплазми і внутрішніми мембранними структурами [14]. Присутність кадмію у клітині забезпечує уповільнення процесів клітинного поділу, транспорту цукрів, порушується проникність клітинної мембрани [13].

Найслабший ріст досліджуваної культури відмітили в присутності 2,5 мМ кадмій сульфату. У перші чотири доби біомаса незначно (порівняно з контролем) зростала. На шосту добу і в наступні спостерігали зменшення приросту біомаси. Можливо, нагромадження кадмію у клітинах призводить до інгібування енергетичних процесів, що має сублетальні для бактерій наслідки. Із рис. 2 видно, що чим вищий вміст кадмію у середовищі, тим виразніший його негативний вплив на біомасу культури.

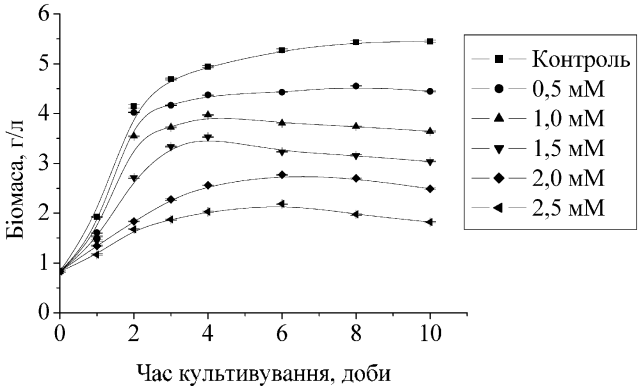


Рис. 2. Ріст *T. roseopersicina* у середовищі Ван Ніля за різних концентрацій кадмій сульфату

Вплив різних концентрацій кадмій сульфату на швидкість поглинання кисню клітинами фотосинтезуючих сіркобактерій Thiocapsa roseopersicina

Пурпурові сіркобактерії є строгими анаеробами, чутливими до молекулярного кисню [15]. Проте, відомо, що у природі деякі види цих бактерій залишаються життєздатними після певного періоду аерації, зокрема при обмілінні водойм [16].

У клітинах *T. roseopersicina*, вирощених за анаеробних умов, виявлена активність каталази і супероксиддисмутази [15, 17]. Ці ферменти відіграють важливу роль у захисті клітин аноксигенних фотосинтезуючих сіркобактерій від токсичних радикалів кисню, які можуть впливати на анаеробні мікроорганізми при раптовому потраплянні їх в аеробні умови [18].

Нами визначено швидкість поглинання кисню культурами сіркобактерій *T. roseopersicina* при наступних концентраціях кадмій сульфату у середовищі: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 мМ. Контроль не містив солі металу. Проби для визначення швидкості поглинання кисню бактеріями *T. roseopersicina* відбирали на другу та третю доби росту. Результати представлені на рис. 3.

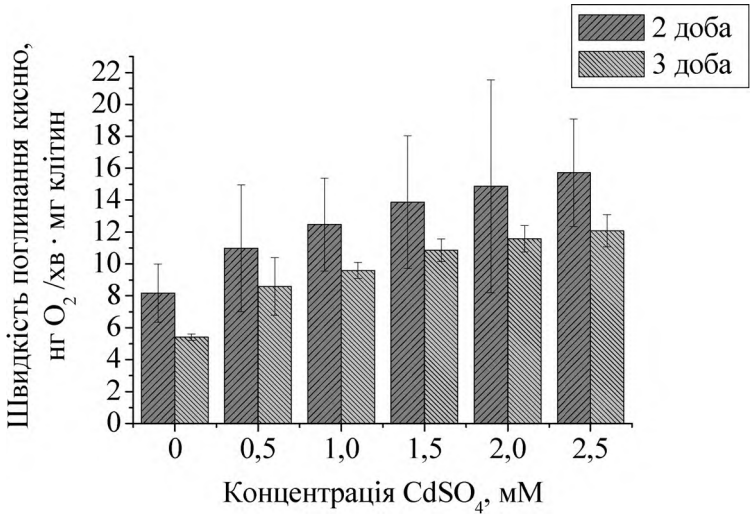


Рис. 3. Швидкість поглинання кисню клітинами бактерій *T. roseopersicina* залежно від концентрацій кадмій сульфату

При культивуванні бактерій без Cd^{2+} (контроль) швидкість поглинання кисню клітинами є найменшою та становить на другу добу 8,17 ± 1,81 нг O_2/хв·мг клітин. Присутність у середовищі 0,5 та 1,0 мМ кадмій сульфату призводить до збільшення швидкості поглинання – 11,00 ± 3,97 нг O_2/хв·мг клітин та 12,47 ± 2,92 нг O_2/хв·мг клітин відповідно. Збільшення концентрації досліджуваної солі до 1,5 мМ пришвидшує процес поглинання кисню сіркобактеріями. Кадмій сульфат у концентрації 2,0 та 2,5 мМ в найбільшій мірі активує здатність бактерій *T. roseopersicina* поглинати кисень. За найвищої концентрації солі кадмію на другу добу росту досліджувані мікроорганізми поглинають кисень зі швидкістю 15,72 ± 3,37 нг O_2/хв·мг клітин.

Схожу закономірність спостерігали на третю добу росту, але швидкість поглинання кисню клітинами була меншою. Збільшення концентрації солі металу

призводить до зростання швидкості поглинання кисню клітинами досліджуваних сіркобактерій.

Вплив різних концентрацій кадмій сульфату на пігменти культури Thiocapsa roseopersicina

Здатність фототрофних бактерій до фотосинтезу визначається наявністю бактеріохлорофілів [19]. Крім бактеріохлорофілів, усі фототрофні бактерії містять каротиноїди, склад яких у різних видів суттєво відрізняється. Склад і вміст окремих каротиноїдів визначають в основному колір культур пурпурових бактерій, який може бути рожевим, червоним, фіолетовим, жовтим і майже коричневим [16, 20].

Проведено аналіз електронних спектрів поглинання екстрактів клітин пурпурових сіркобактерій *T. roseopersicina*, вирощених у середовищі Ван Ніля з різними концентраціями кадмій сульфату. У розчині екстрагованих пігментів основні максимуми поглинання спостерігали при 350-360, 417-434, 434-443, 471–483, 582–585, 666–668 та 771 нм (рис. 4). Відомо, що максимум поглинання, який простежується в довгохвильовій частині спектра, зумовлений наявністю в клітинах фототрофних бактерій бактеріохлорофілу *a* [21], який є фотосинтетично активним пігментом більшості пурпурових сіркобактерій та існує в кількох формах у тісному контакті з білками та ліпідами мембран хроматофорів.

Як видно з рис. 3, під час росту у середовищі зі солями кадмію відбувається зміна спектрів поглинання екстрактів клітин. Спостерігали зміщення спектрів поглинання вправо. Ймовірно, йони важких металів, зокрема Cd^{2+}, викликають зміни конформації молекул пігментів з подальшою їх модифікацією. Отже, збільшення концентрації кадмій сульфату змінює абсорбційні показники культури *T. roseopersicina* в усіх діапазонах спектра.

Хроматографічне розділення компонентів екстрактів клітин дало змогу виявити пігменти, різні за забарвленням та величиною Rf (табл. 1). Зазначимо, що на хроматограмах переважали яскраво-зелені, рожево-пурпурові, яскраво-жовті та пурпурові зони. Дослідження спектрів поглинання та хроматографічний розподіл дозволили ідентифікувати пігменти [22] і визначити їх вміст у клітинах бактерій *T. roseopersicina*, вирощених при різних концентраціях кадмій сульфату. Екстракти клітин містили бактеріохлорофіл а та каротиноїди спірилоксантин, родопін та лікопін.

Таблиця 1

Хроматографічна характеристика пігментного складу бактерій *T. roseopersicina*

Назва пігменту	Колір пігменту	Спектри поглинання, λ, нм	Значення *Rf*
Бактеріохлорофіл *a*	Яскраво-зелений	350-360, 582-585, 666-668, 771	0,17
Спірилоксантин	Рожевий	471-483	0,45
Лікопін	Жовтий	417-434	0,52
Родопін	Яскраво-пурпуровий	434-443	0,86

При рості в контрольному середовищі Ван Ніля вміст бактеріохлорофілу а в клітинах бактерії *T. roseopersicina* становив 1,99 ± 0,01 мг/г сухої маси клітин

(рис. 5А). У присутності 0,5 мМ солі кадмію кількість даного пігменту зменшилася – 1,76 ± 0,01 мг/г сухої маси клітин. При подальшому зростанні концентрації солі до 1,0 та 1,5 мМ вміст бактеріохлорофілу а в клітинах знизився відповідно на 31,02 та 48,24%. За росту в середовищі з 2,0 мМ солі кадмію кількість досліджуваного пігменту зменшилася у 3 рази (рис 5А). При вирощуванні культури *T. roseopersicina* у середовищі з найвищою концентрацією кадмій сульфату (2,5 мМ) кількість бактеріохлорофілу а була найменшою і дорівнювала 0,60 ± 0,03 мг/г сухої маси клітин.

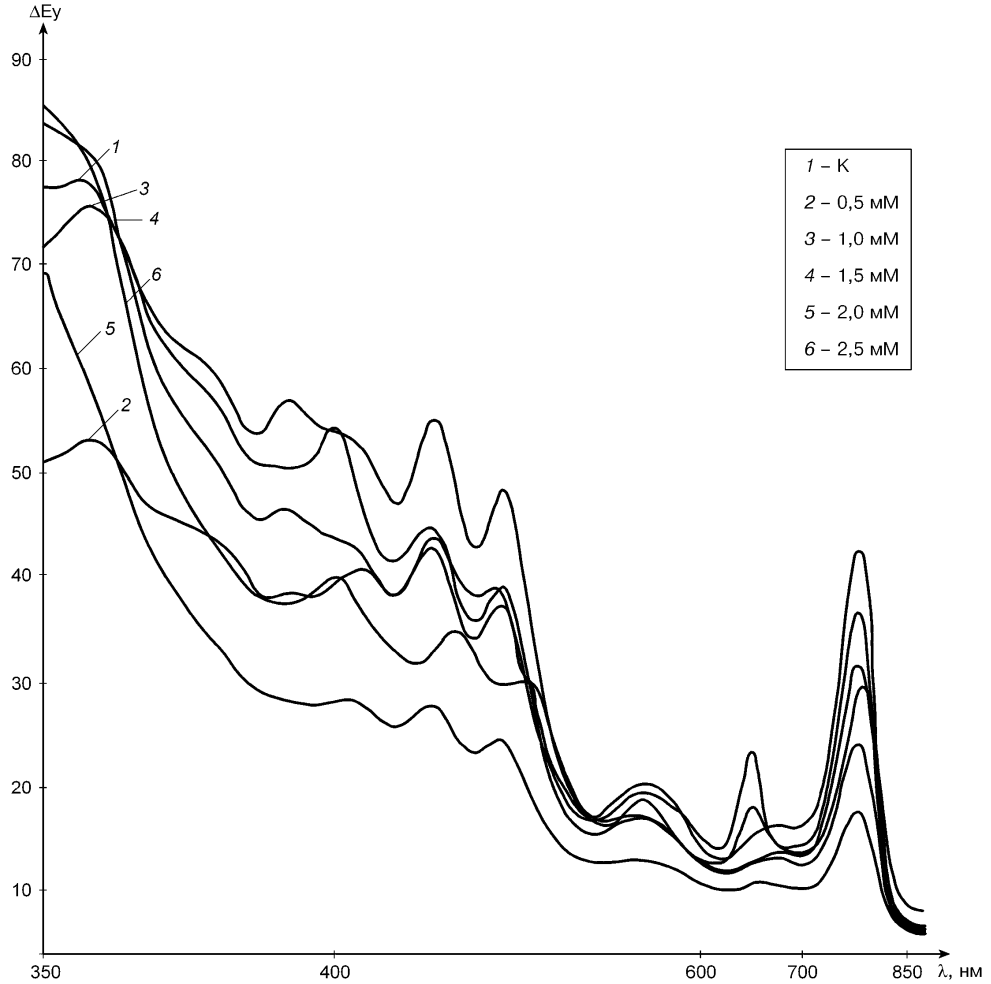


Рис. 4. Спектри поглинання пігментів бактерій *T. roseopersicina,* вирощених за різних концентрацій кадмій сульфату

Вміст каротиноїдів у клітинах в середовищі без Cd^{2+} був таким: спірилоксантину – 6,53 ± 0,03 мг/г сухої маси клітин, лікопіну – 2,92 ± 0,03 мг/г сухої маси клітин, родопіну – 3,18 ± 0,02 мг/г сухої маси клітин (рис. 5). При додаванні 0,5 мМ солі кадмію в середовище спостерігали зменшення кількості даних піг-

ментів. Присутність 1,0 мМ солі в середовищі Ван Ніля призводила до значного спадання кількості спірилоксантину (3,09 ± 0,02 мг/г сухої маси клітин), лікопіну (1,98 ± 0,01 мг/г сухої маси клітин) та родопіну (1,46 ± 0,02 мг/г сухої маси клітин) (рис. 5). При внесенні кадмій сульфату у середовище у концентрації 1,5 мМ спостерігали зниження вмісту каротиноїдів у клітинах бактерій *T. roseopersicina* відповідно на 53,91, 44,18 та 59,43%. За концентрації солі металу 2,0 та 2,5 мМ визначилися найменші кількості спірилоксантину, лікопіну та родопіну.

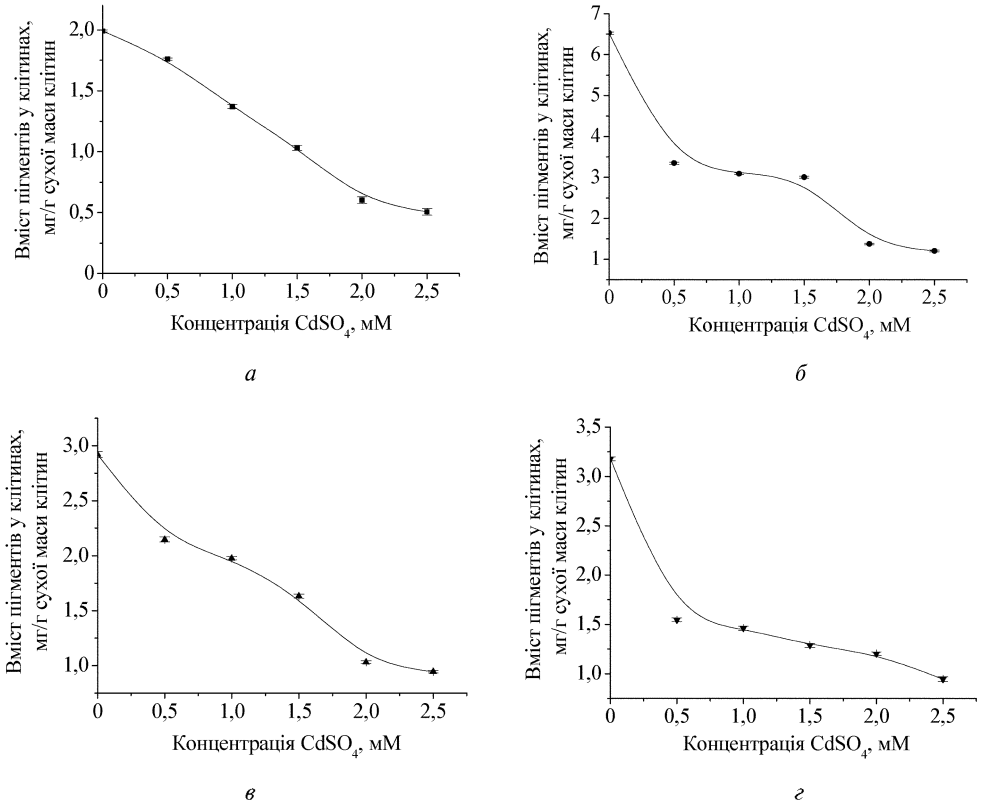


Рис. 5. Вміст пігментів у клітинах бактерій *T. roseopersicina* за різних концентрацій кадмій сульфату: *а* – бактеріохлорофіл *а*; *б* – спірилоксантин; *в* – лікопін; *г* – родопін

Очевидно, що процес синтезу пігментів у пурпурових сіркобактерій *T. roseopersicina* є чутливим до впливу солі кадмію. Зі збільшенням концентрації металу відбувається зменшення кількості пігментів у клітинах досліджуваних бактерій.

Висновки

1. Внесення кадмій сульфату в середовище пригнічує ріст пурпурових сіркобактерій *T. roseopersicina*. Збільшення концентрації солі в середовищі з 0,5 до 2,5 мМ зменшує нагромадження біомаси на четверту добу росту у 2,5 рази.

2. Зі збільшенням концентрації кадмій сульфату в середовищі для культивування спостерігали зростання швидкості поглинання кисню клітинами

T. roseopersicina та одночасно зниження в них вмісту бактеріохлорофілу *a*, спірилоксантину, лікопіну, родопіну.

3. Збільшення концентрації солі кадмію в середовищі культивування змінює абсорбційні показники культури *T. roseopersicina* в усіх діапазонах спектра.

Література

1. *Таширев А. Б.* Теоретические аспекты взаимодействия микроорганизмов с металлами. Микробная аккумуляция металлов, обусловленная их стереохимической аналогией с макроэлементами // Мікробіологічний журнал. – 1994. – № 6. – С. 89–97.
2. *Таширев А. Б.* Концепция интегральных механизмов аккумуляции металлов синтрофными микробными ассоциациями // Мікробіол. журн. – 1999. – Т. 61, № 5. – С. 78–84.
3. *Токсичність* і мутагенність важких металів – забруднювачів грунту / Г. О. Іутинська, З. В. Петруша, Т. В. Васильєва, О. М. Сопліна // Современные проблемы токсикологии. – 2000. – № 2. – С. 53–56.
4. *Структура* микробиологического мониторинга почв как составной части биологического мониторинга / Г. А. Иутинская, А. Ф. Антипчук, Е. В. Валагурова, В. Е. Козырицкая, З. В. Петруша // Технические и системные средства экологического мониторинга почв. – 1998. – С. 63–68.
5. *Гудзь С. П., Коструба М. Ф., Гнатуш С. О.* та ін. Сіркові бактерії Яворівського сіркового родовища та проблеми рекультивації земель // Вісник Одеського університету. Серія Біологія. – 2002. – Вип. 10, № 4. – С. 72–75.
6. *Физико-химические* методы исследования в органической и биологической химии / Т. Я. Паперно, В. П. Позняков, А. А. Смирнова, Л. М. Элагин. – М.: Просвещение, 1977. – 176 с.
7. *Паронян А.Х.* Рост фототрофной бактерии *Rhodobacter sphaeroides* и образование ею каротиноидов на минеральной воде "Джермук" // Микробиол. журн. – 2002. – Т. 64, № 2. – С. 28–34.
8. *Подопригора О. І., Полулях О. В., Дацюк М. М.* та ін. Одержання високопродуктивних штамів дріжджів *Phaffia rodozyma* – продуцентів каротиноїдів // Мікробіол. журнал. – 1996. – Т. 58, № 4. – С. 19–24.
9. *Frigard et al.* Spectrochromatography of photosynthetic pigments as fingerprinting technique for microbial phototrophs // FEMS Microbiol. Ecol. – 1996. – N 20. – P. 69–77.
10. *Britton G.* General carotenoid methods // Methods in enzymology. Academic press. – 1985. – Vol. 3, Part B. – P. 113–145.
11. *Reynolds E. S.* The use of lead citrate at high pH as an electronopaque stain in electron microscopy // Jorn. Cell Biol. – 1963. – Vol. 17. – P. 208–212.
12. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
13. *Таширев А. Б., Смирнова Г. Ф.* Аккумуляция металлов синтрофными ассоциациями микроорганизмов // Мікробіол. журн. – 1999. – Т. 61, № 6. – С. 58–65.
14. *Біоіндикація* забруднених важкими металами грунтів та заходи їх оздоровлення / З. В. Петруша, О. М. Краснобрижа, А. Ф. Антипчук, Г. О. Іутинська. – Екологічність продукції АПК: економіка та технологія. – Суми: Козацький вал, 1999. – С. 206–209.
15. *Кушкевич І. В.* Вплив атмосферного кисню на аноксигенні фототрофні пурпурові сіркобактерії // Матеріали наукової конференції студентів біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (21 квітня 2004 р.). – Львів, 2004. – С. 47–51.
16. *Кондратьева Е. Н.* Фотосинтезирующие бактерии. – М.: Изд-во. Москов. ун-та, 1989. – С. 82–103.
17. *Гоготов И. Н., Зорин Н. А., Кондратьева Е. Н.* Очистка и свойства гидрогеназы фототрофной бактерии *Thiocapsa roseopersicina* // Биохимия. – 1976. – Т. 41. – С. 836.
18. *Петушкова Ю. П., Ивановский Р. Н.* Дыхание клеток *Thiocapsa roseopersicina* // Микробиология. – 1976. – Вып. 1. – С. 389–395.
19. *Blankership R. E., Madigan M. T., Bauer C. E.* Anoxygenic Photosynthetic Bacteria. Ad-vances in Photosynthesis. USA. – 1995. – 1368 p.
20. *Пігментний* склад фототрофних пурпурових сіркобактерій / Л. Я. Кіт, С. П. Гудзь, С. О. Гнатуш, А. М. Федорович // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2003. – № 34. – С. 32–35.

21. *Overmann J., Garcia-Pichel F.* The Phototrophic Way of Life. The Prokaryotes // New York: Springer. – 2000. – P. 134– 141.
22. *Oelze J.* Analysis of Bacteriochlorophyls // Method microbial. – 1985. – №18. – P. 257– 284.

И. В. Кушкевич, С. А. Гнатуш, С. П. Гудзь
Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
кафедра микробиологии
ул. Грушевского, 4, 79005, г. Львов. E-mail: Ivan_ Kushkevych@ukr.net

ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ THIOCAPSA ROSEOPERSICINA ПРИ ВЛИЯНИИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КАДМИЙ СУЛЬФАТА

Резюме
Изучено рост фототрофных пурпурных серобактерий *Thiocapsa roseopersicina* при влиянии разных концентраций кадмий сульфата. Показано, что внесение соли кадмия в среду угнетает рост бактерий. Определена скорость поглощения кислорода *T. roseopersicina* при росте в среде с кадмием. Проведен анализ спектров поглощения пигментов *T. roseopersicina* при разных концентрациях кадмий сульфата. Определен качественный и количественный состав фотосинтезирующих пигментов в клетках при этих условиях.

Ключевые слова: кадмий, токсичность, поглощение кислорода, пурпурные серобактерии, бактериохлорофилы, каротиноиды.

I. V. Kushkevych, S. O. Hnatush, S. P. Gudz
Lviv National University after Ivan Franko
4, Hrushevskyi Str., Lviv, 79005, Ukraine. E-mail: Ivan_ Kushkevych@ukr.net

CHANGES OF SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF THIOCAPSA ROSEOPERSICINA UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT CADMIUM SULFATE CONCENTRATIONS

Summary
The growth of phototrophic sulfur bacteria *Thiocapsa roseopersicina* under the influence of different cadmium ions concentrations is investigated. It is shown that the addition of Cd^{2+} to the medium inhibits the growth of bacteria. The velocity of oxygen uptake by *T. roseopersicina* during the growth in medium with cadmium is determined. The analysis of absorption spectra of the pigments of *T. roseopersicina* at different Cd^{2+} concentrations is performed. The qualitative and quantitative composition of the main photosynthetic pigments in the cells at these conditions is determined.

Keywords: cadmium, toxicity, oxygen uptake, purple sulfur bacteria, bacteriochlorophylls, carotinoids.

ОГЛЯДОВІ СТАТТІ

УДК 502.753(477.83)

К. М. Данилюк, мол. наук. співроб.
Державний природознавчий музей НАН України
вул. Театральна, 18, м. Львів, 79008,
Тел. 8(0322)72-89-17, e - mail: museum@museum.lviv.net

РАРИТЕТНІ ТАКСОНИ ФЛОРИ СУДИННИХ РОСЛИН РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ "НАДСЯНСЬКИЙ" (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

На основі власних польових досліджень наведено список раритетних таксонів флори регіонального ландшафтного парку "Надсянський", їхній охоронний статус відповідно до існуючих созологічних опрацювань, що торкаються флор різних адміністративних та природних виділів: України, Карпат, Українських Карпат, Львівської області, а також дані про їх місцезнаходження на досліджуваній території. У флорі "Надсянського" парку нараховується 52 раритетних таксони, які підлягають різного рівня охороні.
Ключові слова: регіональний ландшафтний парк "Надсянський", раритетні таксони.

Опрацювання практичних заходів щодо збереження раритетного фітогенофонду та його біотичної різноманітності необхідне для підтримання нормального функціонування і сталого розвитку екосистем, підтримання стабільності біогеохімічних процесів і спонтанного розвитку біоти, збереження екологічного балансу в регіоні й, водночас, для відтворення й раціонального використання відновних біотичних ресурсів [1]. Незважаючи на тривалу історію вивчення флори судинних рослин Українських Карпат, все ще залишаються території, зовсім не досліджені у флористичному відношенні, і саме до таких належить регіональний ландшафтний парк "Надсянський" (РЛПН). Окремі фрагментарні дані про флору парку наведені у нечисленних працях В. І. Чопика [2, 3], О. М. Підгребельної [4]. Нечисленні гербарні зразки з даної території В. Ткачика зберігаються у гербарії Державного природознавчого музею у Львові (LWS).

З точки зору практики природоохоронної справи, з метою оптимізації охорони рідкісних, зникаючих, а також інших видів рослин, яким *de jure* надано охоронний статус, важливим є складання флорографічно вивірених, достовірно созологічно зважених регіональних списків видів, що підлягають охороні [5].

Метою роботи є узагальнення власних матеріалів та літературних даних з розміщення раритетних видів судинних рослин на території регіонального ландшафтного парку "Надсянський".

Район, матеріали і методи досліджень

РЛПН площею 19428 га займає південно-західну частину Турківського району Львівської області, він є складовою Міжнародного біосферного заповідника "Східні Карпати" (рис. 1).

У фізико-географічному відношенні РЛПН розташований у північно-західній частині Українських Карпат, на північно-східному макросхилі Карпатської гірської системи. За геоморфологічним поділом РЛПН знаходиться у межах

© К. М. Данилюк, 2008

Водороздільно-Верховинської геоморфологічної області, у районі Стрийсько-Сянської верховини, Кросненської тектонічної зони [6]. Парк репрезентує низькогірні ландшафти (640–951 м н. р. м.) Стрийсько-Сянської верховини із буковими, хвойними та мішаними лісами, ділянками вторинних лук, населених пунктів та орних земель. Територія РЛПН лежить у поясі букових лісів [7]. На сьогодні ліси та лісовкриті землі займають 51,6%, сільськогосподарські угіддя – 42,9% площі парку.

Рис. 1. Міжнародний біосферний заповідник “Східні Карпати”

Раритетні рослини було виявлено у процесі інвентаризації флори РЛПН. Матеріалом для складання конспекту флори судинних рослин РЛПН були наші польові дослідження, проведені у 2005–2007 роках (гербарні збори зберігаються у гербарії ДПМ НАНУ (LWS). Список судинних рослин складено за системою А. Л. Тахтаджяна [8]. Номенклатуру таксонів прийнято згідно *Flora Europaea* [9, 10] зі змінами Л. Тасєнкевич [11].

Раритетний фітогенофонд складається з таких груп видів: рідкісних, рідкісних і зникаючих, зникаючих, а також інших ендемічних і флористично оригінальних таксонів (монотипні групи, види на межах ареалів тощо), яким сьогодні ніщо не загрожує, але вони становлять цінність як складові автохтонного ядра флори, визначають її особливості [1]. Для визначення характеру раритетності генофонду слід мати на увазі два поняття: вид первинно (природно) та вторинно рідкісний або зникаючий (популяції зменшуються внаслідок антропогенного впливу).

Для визначення раритетного компонента флори вищих судинних рослин РЛПН ми скористалися літературними джерелами: [5] (оцінка созологічного стану подана за категоріями МСОП 1987), [12] (за категоріями рідкісності для Українських Карпат за МСОП 1998), [13] (за МСОП 1994) та [14], оскільки

в стандартах оцінки раритетності таксонів є певні розбіжності, у дужках ми зазначили шкали созологічного статусу, яких дотримувалися автори згаданих публікацій.

Результати досліджень

Наводимо перелік раритетних рослин ландшафтного регіонального парку "Надсянський" за сучасними даними.

Andromeda polifolia L. (рідкісний [5], вразливий [13]). На території парку єдине місцезростання: верхове болото в урочищі (ур.) Мішок.

Astrantia major L. (менше загрожений [12], вразливий [14]). Трапляється спорадично на усій території парку, на луках, досить часто.

Carlina acaulis L. subsp. *acaulis* (рідкісний [5], менше загрожений [12]). Місцезнаходження: хр. Червоний верх (1 локалітет), на луках.

Centaurea phrygia L. subsp. *carpatica* (Porc.) Dostbl. (менше загрожений [12], рідкісний [14]). Часто на усій території парку, луки.

Dactylis glomerata L. subsp. *slovenica* Domin. (критично загрожений/таксон з недостатньою інформацією [12]). 1 місцезнаходження на території РЛПН, на узліссі, в районі с. Нижня Яблунька, сінокосні луки.

Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soó subsp. *Fuchsii* (вразливий [12], рідкісний [14]). Спорадично на всій території парку, луки.

Dactylorhiza incarnata (L.) Soó subsp. *incarnata* (загрожений [12], рідкісний [14]). На території парку 8 місцезнаходжень, на луках.

Dactylorhiza maculata (L.) Soó subsp. *Maculata* (вразливий [12], рідкісний [14]). На території РЛПН єдине місцезнаходження на верховому торфовищі в ур. Мішок.

Dactylorhiza majalis (Reichenb.) P.F.Hunt et Summerhayes (вразливий [12], рідкісний [14]). Спорадично на усій території парку, на луках.

Dactylorhiza sambucina (L.) Soó. (вразливий [12, 14]). На території парку 2 місцезнаходження: у районі Сянського хребта на пасовищі та на перелозі, що заростає ялівцем.

Dianthus barbatus L. subsp. *compactus* (Kit.) Heuffel. (вразливий [12]). На території парку 2 місцезнаходження: с. Боберка, хр. Сянський, на луках.

Drosera rotundifolia L. (вразливий [5], загрожений [12]). На верховому торфовищі в ур. Мішок.

Epipactis helleborine (L.) Crantz. (вразливий [12, 14]). У парку трапляється спорадично по всій території в букових, смерекових лісах, на зрубах.

Epipactis palustris (L.) Crantz. (вразливий [12], рідкісний [14]). Спорадично по всій території парку (8 місцезнаходжень), на еутрофних висячих болотах.

Equisetum hyemale L. (рідкісний [5], менш загрожений/таксон з недостатньою інформацією [12]). В ур. Мішок, в буково-ялицево-смерековому лісі.

Equisetum telmateia Ehrh. (рідкісний [5], менш загрожений/таксон з недостатньою інформацією [12]). Місцезнаходження на території парку: спорадично по всій території у букових, хвойних, мішаних лісах, на узліссях, досить часто.

Euphorbia carpatica Wołoszczak. (менш загрожений [12]). Єдине місцезростання – в околицях с. Сянки, у смерековому лісі.

Fraxinus ornus L. (критично загрожений [12], зникаючий [14]). Культивується біля осель, зрідка «втікає» з культури.

Galanthus nivalis L. (вразливий [12, 14]). Єдине місцезростання – хребет Бучок, у буковому лісі.

Gymnadenia conopsea (L.) R.Br. subsp. *Conopsea* (вразливий [12], рідкісний [14]). спорадично по всій території парку, на луках, узліссях.

Gymnadenia conopsea (L.) R.Br. subsp. *densiflora* (Wahl.) Dietr. (загрожений [12]). Спорадично на всій території парку, на луках.

Hesperis matronalis L. subsp. *candida* (Kit.) Hegi et E.Schmid. (загрожений/таксон з недостатньою інформацією [12]). На території парку одне місцезнаходження на березі р. Сян, в ур. Мішок.

Huperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank et Mart. (загрожений [12], зникаючий [14]). Спорадично трапляється у хвойних лісах на всій території парку.

Ledum palustre L.(вразливий [5, 13]). У парку єдине місцезростання – оліготрофне болото в ур. Мішок.

Lilium martagon L. (вразливий [12, 14]). На території парку два місцезнаходження (хр. Красний та ур. Мішок), у хвойному та мішаному лісі.

Listera ovata (L.) R.Br. (рідкісний [14]). Спорадично на всій території парку, на луках, узліссях.

Lunaria rediviva L. (менш загрожений [12], рідкісний [14]). На території парку трапляється у букових та мішаних лісах (хребет Бучок, ур. Мішок).

Lycopodium annotinum L. (менш загрожений [12], вразливий [14]). На території парку одне місцезнаходження (край відкритої частини оліготрофного болота, ур. Мішок).

Melampyrum saxosum Baumg. (менш загрожений [12]). Трапляється спорадично на усій території (луки, узлісся).

Neottia nidus-avis (L.) L.C.M. Richard. (рідкісний [14]). На території парку спорадично трапляється у букових лісах.

Platanthera bifolia (L.) L.C.M.Richard. (рідкісний [14]). Часто на усій території парку, на луках, перелогах, відкритих ділянках лісу.

Symphytum cordatum Waldst. et Kit. ex Willd. (рідкісний [5], менш загрожений [12]). Трапляється часто у букових лісах.

Traunsteinera globosa (L.) L.C.Richard. (вразливий [12], рідкісний [14]). На території РЛПН ми виявили три місцезнаходження (хребет Бучок, околиці хутора Ліски, околиці села Нижня Яблунька), на сінокісних луках.

Vaccinium microcarpum (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. (загрожений/таксон з недостатньою інформацією [12], вразливий [13], зникаючий [14]). На території парку одне місцезноходження (верхове болото в ур. Мішок).

Vaccinium oxycoccos L. (вразливий [13]). У парку єдине місцезростання: верхове болото в ур. Мішок.

Valeriana dioica L. subsp. *simplicifolia* (Reichenb.) Nyman. (рідкісний [14]). На території РЛПН 8 місцезнаходжень, на еутрофних висячих болотах.

Valeriana tripteris subsp. *austriaca* H.Walther. (вразливий [12]). На території парку єдине місцезнаходження – в ур. Мішок, у буково-ялицево-смерековому лісі.

Окрім вище перерахованих таксонів, виключно у Львівській області підлягає охороні ще 15 видів [5]: вразливі *Luzula sylvatica* (Hudson) Gaudin, *Melica uniflora* Retz.; рідкісні *Cirsium erisithales* (Jacq.) Scop., *Hypericum humifusum* L., *Lycopodium clavatum* L., *Lysimachia nemorum* L., *Oreopteris limbosperma* (Bellardi ex All.) J.Holub, *Orobanche minor* Sm. in Sowerby, *Pastinaca sativa* L.; *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem, *Rosa pendulina* L., *Salix silesiaca* Willd., *Streptopus amplexifolius* (L.) DC; група созологічного ризику — *Acorus calamus* L., *Centaurea mollis* Waldst. et Kit.

Серед причин, що зумовлюють раритетність таксонів на території парку "Надсянський", переважають природні, що є закономірним, оскільки на землях парку сільське господарство ведеться традиційним способом, який гармоніює з природою. Деякі раритетні види: *Dactylorhiza majalis*, *Gymnadenia conopsea* subsp. *conopsea*, *Listera ovata* та *Platanthera bifolia* масово трапляються на території парку обабіч доріг, на пасовищах, сіножатях, сільськогосподарських угіддях, які тривалий період (близько 20 років) не обробляються. Їх масовому поширенню сприяє господарська діяльність, завдяки якій створюються місцезростання із зниженою конкуренцією щільнодернинних злаків (у менш змінених умовах у парку ці види також надають перевагу місцям із зниженою конкуренцією злаків — постійно або тимчасово перезволоженим ділянкам, які на території парку трапляються на невеликих площах).

Сьогодні, коли сила антропогенного тиску на природу переступила критичну межу, у людства залишився єдиний правильний шлях використання природних ресурсів в цілому та рослинних ресурсів як основи автотрофного блоку екосистеми зокрема: обмеження споживання та збереження того, що ще залишилося. Про це ж йдеться у статті В. Назарова [15]: "Відповідно до закону Р. Ліндемана, не можна (без ризику руйнування екосистеми) вилучати із будь-якого рівня трофічної піраміди більше 10% сухої ваги речовини. Людство і великі тварини як консументи вищого порядку можуть розраховувати разом лише на 1% первинної продукції рослин. Самі люди – без тварин – використовують і водночас руйнують у 40 разів більше, що прирікає інші організми на неминуче зникнення. Неминуче повинна зникнути і людина як біологічний вид, якщо своєчасно не буде вжито заходів для самообмеження".

Ландшафтні парки в Україні повинні відігравати вагому роль у збереженні природних ресурсів, першим кроком до цього є інвентаризація й визначення раритетної складової флори, що й було зроблено для РЛПН, це дозволить забезпечити ефективнішу охорону рідкісних і зникаючих видів в межах парку "Надсянський", який є складовою як української, так і загальноєвропейської екомережі.

Висновки

Отже, на території парку зростає 52 раритетних таксони, які охороняються на різних рівнях: 22 – занесені до Червоної книги України, 4 – рідкісні для Карпат, 30 – для Українських Карпат та 22 таксони, що підлягають регіональній охороні у Львівській області. Найбільше серед раритетних таксонів представників родини орхідних – 12 видів (23 %), загрожений стан популяцій представників цієї родини зумовлений особливостями біології розвитку. Велика частка серед таксонів, які підлягають охороні належить до гранично-ареальних видів – 22, до реліктових – 10, до ендемічних – 8 видів.

Література

1. *Стойко С. М., Ященко П. Т., Кагало О. О.* та ін. Раритетний фітогенофонд західних регіонів України- Л.: Ліга-прес, 2004. - 232 с.
2. *Чопик В. І.* Флора і рослинність західної частини Українських Карпат та їх народногосподарське значення. - К.: Вид-во академії наук УРСР, 1958. - 57 с.
3. *Чопик В. І.* Флористичні особливості західної частини Українських Карпат // Укр. ботан. журн. - 1960. - XVII, № 1. - С. 59-66.

4. *Підгребельна О. М.* Знахідка оліготрофного болота на території Стрийсько-Сянської верховини (Українські Карпати) // Наук. осн. збереж. біот. різноманітності. – 2001. – Вип. 3. – С. 46–50.
5. *Кагало О. О., Сичак Н. М.* Рідкісні, зникаючі та інші види судинних рослин Львівської області (Україна), які потребують охорони // Наук. осн. збереж. біот. різноманітності. – 2002. – Вип. 4. – С. 46–50.
6. *Цись П. Н.* Геоморфологія і неотектоніка // Українські Карпати. – Л., 1968. – С. 50–76.
7. *Голубець М. А., Малиновський К. А.* Рослинність // Природа Українських Карпат. – Л., 1968. – С. 125–160.
8. *Тахтаджян А. Л.* Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
9. *Flora* Europaea: In 5 vols. / Eds. T. G. Tutin, V. H. Heywood, N. A. Burges, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. A. Webb. – Cambridge University Press, 1964 – 1980.
10. *Flora* Europaea: Vol. 1 (2nd ed.) / Eds. T. G. Tutin, N. A. Burges, A. O. Chater, J. R. Edmondson, V. H. Heywood, D. M. Moore, D. H. Valentine, S. M. Walters, D. A. Webb, J. R. Akeroyd, M. N.Newton. – Cambridge University Press, 1993. – 481 p.
11. *Тасєнкевич Л.* Природна флора Карпат. Список видів судинних рослин. – Л.: ДПП НАН України, 1998. – 609 с.
12. *Малиновський К., Царик Й., Кияк В.* та ін. Рідкісні, ендемічні, реліктові та погранично-ареальні види рослин Українських Карпат. – Л.: Ліга-Прес, 2002. – 76 с.
13. *Тасєнкевич Л. О.* Червоний список судинних рослин Карпат. – Л.: ДПМ НАН України, 2002. – 28 с.
14. *Червона* книга України. Рослинний світ / Під. ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонка. – К.: Українська енциклопедія, 1996. – 602 с.
15. *Назаров В. И.* Идея "превращения" биосферы в ноосферу глазами биолога // Бюл. Моск. о-ва исп. природы. Отд. биол. – 2004. – Т. 109, вып. 3. – С. 3–8.

К. М. Данилюк
Государственный природоведческий музей НАН Украины,
ул. Театральная, 18, г. Львов, 79008

РАРИТЕТНЫЕ ТАКСОНЫ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА "НАДСЯНСКИЙ" (РЛПН) (УКРАИНСКИЕ КАРПАТЫ)

Резюме
Изложен список раритетных таксонов флоры регионального ландшафтного парка "Надсянский", составленный на основании наших полевых исследований, приведен их созологический статус соответственно с разными источниками, а также детальные сведения о их распространении на исследованной территории. Во флоре "Надсянского" парка насчитывается 52 раритетных таксона, которые подлежат разного уровня охране.

Ключевые слова: региональный ландшафтный парк "Надсянский", раритетные таксоны.

K. Danylyuk
State Museum of Natural History, NAS of Ukraine, Lviv
Teatral'na st., 18, Lviv, 79008

THE PROTECTED SPECIES OF THE VASCULAR PLANTS FLORA OF NADSYANSKY REGIONAL LANDSCAPE PARK (NRLP) (THE UKRAINIAN CARPATHIAN'S)

Summary
On the basis of our field investigations the list of the vascular plants flora of NRLP protected species was composed. More over, according to "The Red Date Book of Ukraine" (1996) [14], the IUCN (1987, 1994, 1998) their conservation status and the detailed information concerning their distribution on the investigated territory were given. One may conclude that flora of NRLP contains 52 species of protected vascular plants to be under different conservation levels.

Keywords: Nadsyansky Regional Landscape Park, protected species.

УДК 574.63:581

Н. И. Караева, д-р биол. наук, чл.-корр. Нац. АН Азербайджана,
Э. Б. Забержинская, канд. биол. наук
Институт Ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана,
лаб. альгологии и лихенобриологии
Патамдарское шоссе 40, Баку - AZ1073, Азербайджанская Республика

ДИНАМИКА *ZOSTERA NOLTII* HORNEM У АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАСПИЯ

В статье приводятся данные о динамике *Zostera noltii* Hornem в Каспийском море с 30-х годов прошедшего столетия. Отмечено, связанное с загрязнением и изменением уровня моря, резкое сокращение площадей дна Каспийского моря, занятых зарослями зостеры (особенно в Кызыл-Агачском заливе, где гнездятся 97% птиц Азербайджана).
Ключевые слова: морская трава, Каспийское море, антропогенный фактор.

Сохранение флоры и фауны Каспийского моря — одна из актуальных задач современной биологии, в связи со всё возрастающим отрицательным антропогенным влиянием. Основная цель настоящей публикации – проследить изменения, произошедшие с одним из важнейших компонентов каспийской флоры – морской травой *Zostera noltii* Hornem в результате деятельности человека. Основная задача, поставленная авторами статьи — установить временную динамику этого вида в Каспийском море, на основании собственных наблюдений и имеющихся в литературе данных.

Z. noltii Hornem – единственный представитель рода *Zostera* в Каспийском море. В течение многих лет для его названия в литературе, посвящённой каспийской флоре, обычно использовался синоним *Z. minor* (Cavol.) Nolte [1, 2] или незаконное название *Z. nana* Roth. [3]. Этот вид имеет большое значение в балансе органического вещества Каспийского моря. Известно, что в зарослях *Z. noltii* и её выбросах существует ассоциированная фауна. Это растение, стабилизируя мягкие отложения, способствует восстановлению сульфатов, отложению в донных осадках серы, а также аккумулирует из воды тяжёлые металлы [4]. Семенами *Z. noltii* в Каспийском море питаются многие виды птиц, и, возможно, рыб.

Высокое ценозообразующее значение и роль *Z. noltii* в балансе органического вещества диктует необходимость периодических исследований вида в Каспийском море.

Первое упоминание о нахождении в Каспийском море представителя рода *Zostera* L. относится к XVIII веку [5], оно ограничено констатацией факта наличия представителя рода в этом водоёме. Позже, в работах, посвящённых растительности Каспия, упоминание рода повторялось неоднократно, без каких-либо уточняющих сведений [6, 7], ввиду чего они не представляют интереса. В отдельных работах приводятся данные о химическом составе этого растения, отмечено высокое содержание белка в нём и возможность использования после промывки пресной водой в качестве корма для животных [8, 9].

Огромные прибрежные валы сухой морской травы, оторванной со дна в результате штормов и выброшенной на берег, в начале–середине XX века были не-

 © Н. И. Караева, Э. Б. Забержинская, 2008

отъемлемым элементом пейзажа каспийского побережья Азербайджана, обозначая массовость развития травы (*Z. noltii*) на дне. Это подтверждается данными М.С. Киреевой и Т.Ф. Щаповой, изучавших в 1934–1938 годы и в 1941 году распространение зарослей и запасы *Z. noltii* почти по всему Каспийскому морю [3]. На основе этих исследований ими были опубликованы первые сводные данные по распределению и запасам зостеры на Каспии. Авторы установили, что у азербайджанского побережья в 1935–1938 гг. заросли *Z. noltii* на песчаных грунтах тянулись от Баку к югу до Кызыл-Агачского залива (бывшего залива Кирова). Причём, наиболее мощные сплошные заросли *Z. noltii*, с примесью руппии (*Ruppia maritima* L.) и рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.), авторы наблюдали на протяжении побережья от о. Пираллахи (бывш. о. Артёма) до мыса Бяндован, биомасса травы составляла 60–200 г/мI. Авторы установили, что существует связь между величиной биомассы зостеры и наличием течений. Выбросы зостеры, отмеченные в 1936–1937 гг. в районе мысов Сангачал-Бяндован, были настолько значительны, что, как пишут авторы, в этом районе проводилась промысловая добыча травы.

Хотя запасы травы в Кызыл-Агачском заливе непосредственно вышеуказанными авторами не исследовались, тем не менее они приводят для этой акватории цифры — 200–300 тыс. тонн сырого веса (без ссылок на авторство) и пишут далее: “общие запасы зостеры по всему морю определялись нами примерно в 700 тыс. тонн сырого веса”.

Массив зарослей на отрезке побережья от о. Пираллахи до Кызыл-Агачского залива М. С. Киреева и Т. Ф. Щапова рассматривали как один из центров массового развития *Zostera noltii* в Каспийском море.

В 1959, 1962 гг. данные по распространению этого вида у азербайджанского побережья были получены в детальных гидроботанических исследованиях К. М. Петрова, выполненных с применением легководолазной техники [2]. Автор наблюдал (1959, 1962) обильные заросли в отдалении от берега на 5-метровой глубине у островов Пираллахи и Чилов (бывш. о. Жилой), простиравшиеся вдоль Шаховой косы. Значительные массивы зарослей *Z. noltii* на мягких грунтах отмечены им южнее Шаховой косы от мыса Пута до мыса Пирсагат. Анализируя подводные растительные сообщества К. М. Петров выделил формацию *Z. noltii* с тремя ассоциациями. В двух из них, кроме эдификатора, отмечены красные, зелёные и синезелёные водоросли, проективное покрытие участков оценено как высокое, биомасса составляла от 50 до 1100 г/м^2.

Сведения о *Z. noltii*, собранные авторами настоящей статьи — сотрудниками группы альгологии Института ботаники АН Азерб. ССР в период альгологических исследований с 1957 г. до сего времени, почти не публиковались. Обобщая эти наблюдения, можно отметить, что заросли этого вида у побережья были распределены неравномерно, встречаясь на илистых, песчано-илистых и на песчаных грунтах. Заросли зостеры обычно представлены смешанными сообществами, включающими и другие виды цветковых растений, менее распространенных в этом водоёме, и водоросли-макрофиты, из которых наиболее часто встречались некоторые виды зелёных, харовых и красных.

На ранних стадиях наших наблюдений (1957–1959) заросли травы отмечались у побережья г. Сумгаита, а также в Бакинской бухте, где непосредственно у побережья они были сильно разрежены. Небольшие выбросы наблюдались у посёлка Шихово. Обильные заросли зостеры в этот период отмечены нами у о. Пираллахи. Вышеуказанные наблюдения К. М. Петрова у этого острова и у

о. Чилов подтверждали наши данные, а также свидетельствовали о распространении зарослей на значительное расстояние на юг вдоль Шаховой косы. К 80-м годам, по нашим наблюдениям, все эти массивы исчезли, ныне здесь встречаются лишь единичные экземпляры травы.

Непосредственно у побережья Апшеронского полуострова участки с небольшими мозаичными скоплениями травы в 80–90-е годы авторы статьи наблюдали лишь у самой южной части полуострова, в районе посёлка Бибиэйбат. Такие участки всё чаще встречались к югу и уже на уровне мыса Сангачал на дне Каспия в эти годы сохранились достаточно густые заросли, тянущиеся на юг и изреживающиеся несколько севернее устья р. Куры. Отмеченный М. С. Киреевой и Т. Ф. Щаповой центр массового развития *Z. noltii*, по нашим наблюдениям, сохранился, но в несколько сокращённом виде.

Южнее устья р. Куры пышное развитие зостеры в 60-е годы отмечалось в Кызыл-Агачском заливе — важнейшем зимовочном угодье птиц на Каспийском море. Первые же обследования растительности в заливе показали, что на площадях от входа в залив и на всём протяжении береговой линии зостера доминировала, имея высокое проективное покрытие. Ширина зарослей местами доходила до 3 км. В зарослях зостеры часто встречались и другие травы – *Potamogeton pectinatus*, *Najas marina* L., *Zannichellia palustris* L., *Z. pedunculata* Reichenb., *Ceratophyllum demersum* L., но их роль была значительно меньшей. При посещении залива в конце весны мы наблюдали раннюю стадию цветения *Z. noltii*, большое число экземпляров имело репродуктивные побеги (обычно более короткие по сравнению с вегетативными), их початковидные соцветия в этот период в большинстве своём ещё не были раскрыты. Наряду с зостерой часто встречались многие представители водорослей, главным образом харовая *Lamprothamnus alopecuroides* (Del.) A. Br., заросли которой в центральной части залива имели 100% проективное покрытие. Встречались также красные водоросли (*Lophosiphonia obscura* (Ag.) Falkenb., виды *Polysiphonia* Grev.), зелёная водоросль *Rhizoclonium implexum* (Dillw.) Kütz. и др.

Однако, уже с середины 70-х годов при посещении залива мы наблюдали заметную (как выяснилось позже, с годами прогрессирующую) деградацию зарослей зостеры. В 80-е и последующие годы стала ясной тенденция к значительному сокращению растительности в заливе. В первую очередь катастрофически уменьшилась площадь зарослей *Zostera noltii*, которая в этот период главным образом была сосредоточена в юго-восточном районе, а у юго-западного побережья встречалась лишь изредка. Заросли травы были сильно разреженные, ширина их составляла 200–300 м, а проективное покрытие – не более 30%. Во многих же местах морскую траву заменил рдест гребенчатый. Водоросли-макрофиты были представлены широко распространёнными в опреснённых районах моря видами из родов *Cladophora* Kütz., *Spirogyra* Link и *Lamprothamnus alopecuroides*. К концу 90-х на площадях, ранее занятых в заливе зостерой, почти повсеместно отмечаются заросли рдеста гребенчатого с довольно редкими вкраплениями проростков *Z. noltii*.

Анализ изложенных выше данных о динамике исследуемой морской травы позволяет считать, что основной причиной изменений являются следующие неблагоприятные факторы. Это — загрязнение моря сточными водами (бытовыми и промышленными), периодическое колебание солёности, снижение прозрачности воды, не исключено и отрицательное влияние разнонаправленных изменений уровня Каспийского моря в течение относительно короткого отрезка вре-

мени. Наиболее резко все эти факторы проявились в Кызыл-Агачском заливе, сильно опресненном и загрязнённом за счёт увеличения стока р. Куры, (с 70-х годов перегруженного стоками различного происхождения, особенно с обильно удобряемых хлопковых полей). Опубликованные за 1997–1998 гг. данные свидетельствуют о превышении летом в мелководной зоне залива содержания ПДК углеводородов в 10 раз, высоком содержании нитритного азота, а также о повсеместном обнаружении хлорорганических пестицидов [10].

Сообщества зостеры в Каспийском море соответствуют высокому уровню сохранности, прежде всего в Кызыл-Агачском заливе, имеющем большое значение для орнитофауны Азербайджана, 97% представителей которой включены в 5 международных конвенций и соглашений, в том числе в Рамсарскую конвенцию [11].

Литература

1. *Флора* Азербайджана: В 8 т. / АН Азерб. ССР. – Баку, 1950. – Т. 1. – 369 с.
2. *Петров К. М.* Подводная растительность береговой зоны Каспийского моря у Азербайджана // Опыт геолого-геоморфологических и гидробиологических исследований береговой зоны моря // Ленинград: Наука, 1967. – С. 103- 157.
3. *Киреева М. С., Щапова Т. Ф.* Материалы по систематическому составу и биомассе водорослей и высшей водной растительности Каспийского моря // Тр. Инст. океанологии АН СССР. – 1957. – Т. 23. – С. 125- 137.
4. *Hartog, C. den* Sea-grasses of the World. – Amsterdam: North Holland Publish. Co, 1970. – 275 p.
5. *Gmelin S. G.* Historia fucorum. – Petropoli, 1768. – 239 p.
6. *Волков Л. И.* Растительность Каспийского моря // Изв. Ростовск. педаг. инст. – 1934. – № 1. – С. 69- 77.
7. *Генкель А.Г.* Материалы к фитопланктону Каспийского моря // Scripta Botanica. – 1909. – fasc. 27. – 246 с.
8. *Боровский Г. Ф., Зиновьев Г. А.* и др. Кормовые растения равнинной Туркмении // Тр. Туркмен. опытн. станц. животновод. – 1940. – № 1. – С. 4- 6.
9. *Шабарова Н. Т.* Количественное определение хлорофилла в морских растениях и современных морских осадках // Биохимия. – 1954. – Т. 19, вып. 2. – С. 156- 160.
10. *Магеррамов Ч.* Ихтиотоксикологический мониторинг азербайджанского сектора Каспийского моря // Тез. докл. конф. "Краеведение и защита окруж. среды в Азербайджане". – Баку, 1998. – С. 56.
11. *Виды* орнитофауны Азербайджана, включенные в международные конвенции (на азерб. яз.) / Э. Х. Султанов, Т. Э. Керимов, А. М. Мусаев, Н. Ч. Агаева // Тр. Инст. зоол. Нац. АН Азербайдж. – 2006. – Т. 28. – С. 846- 854.

Н. І. Караєва, Е. Б. Забержинська
Інститут ботаніки Нац. акад. наук Азербайджану, Азербайджан,
AZ1073, Баку, Патамдарське шосе, 40

ДИНАМІКА *ZOSTERA NOLTII* HORNEM У АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОГО УЗБЕРІЖЖЯ КАСПИЮ

Резюме
У роботі наводяться дані щодо динаміки *Zostera noltii* Hornem у Каспійському морі з 30-х років минулого сторіччя. Показано пов'язане з забрудненням та зміною рівня Каспійського моря різке скорочення площин дна, що раніше були зайняті зарослями зостери (особливо у Кизил-Агачській затоці, де гніздяться 97% птахів Азербайджану).

Ключові слова: морська трава, Каспійське море, антропогенний фактор.

N. I. Karayeva, E. B. Zaberzhinskaya
Azerbaijan National Academy of Sciences, Institute of Botany,
Badamdar road 40, Baku – AZ1073, Azerbaijan Republic

THE DYNAMICS OF *ZOSTERA NOLTII* HORNEM NEAR THE AZERBAIJAN COAST OF THE CASPIAN SEA

Summary
The paper deals with decreasing of the sea-grass *Zostera noltii* thickets on the bottom of the Caspian sea (especially in Gizil-Agac gulf where 97% of Azerbaijan birds were hibernating) under the of pollution and changes of the Caspian level from the 30th years of the past century.

Keywords: seagrass, the Caspian sea, the antropogenic factor.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

1. ПРОФІЛЬ ЖУРНАЛУ

1.1. "Вісник Одеського національного університету" (випуск "Біологія") здійснює такі публікації:
1. Наукові статті.
2. Короткі повідомлення.
3. Матеріали конференцій.
4. Бібліографія.
5. Рецензії.
6. Матеріали з історії науки та університету.

1.2. У певному конкретному випуску один автор має право надрукувати тільки одну самостійну статтю.

1.3. Мова видання — українська (в окремих випадках — російська або англійська).

1.4. До редакції "Вісника..." подається:
1. Відредагований і погоджений з редколегією текст статті, записаної на дискеті у форматі Word 6.0 або Word 97 (розмір аркуша – А4, гарнітура Times New Roman (Cyr), кегль 14, відстань між рядками 1,5 інтервали, поля: ліве — 2,5 см, праве — 1,5см, верхнє — 2 см, нижнє — 2 см), та один екземпляр "роздруківки" з неї.
2. Рекомендація кафедри або наукової установи до друку.
3. Експертний висновок установи про можливість опублікування.
4. Резюме двома додатковими мовами (див. п. 2.7, п. 3.2, 10).
5. Колонтитул.

2. ПІДГОТОВКА СТАТТІ — ОБОВ'ЯЗКОВІ СКЛАДОВІ

Оригінальна стаття має включати:

2.1. Вступ, в якому обговорюють актуальність проблеми, формулюють мету та основні завдання дослідження.

2.2. Матеріали і методи дослідження.

2.3. Результати дослідження.

2.4. Аналіз результатів або їх обговорення (можливе поєднання розділів 2.3 і 2.4).

2.5. Висновки.

2.6. Список літератури.

2.7. Анотація (мовою оригіналу статті) і резюме.

2.8. Ключові слова.

2.9. Колонтитул.

3. ОФОРМЛЕННЯ РУКОПИСУ, ОБСЯГ, ПОСЛІДОВНІСТЬ ТА РОЗТАШУВАННЯ ОБОВ'ЯЗКОВИХ СКЛАДОВИХ СТАТТІ

3.1. Обсяг рукопису наукової статті (з урахуванням малюнків, таблиць і підписів до них, анотацій, резюме, списку літератури) — не більше

8 сторінок друкованого тексту (див. 1.4, 2), оглядів — до 10 сторінок, рецензій — до 3 сторінок, коротких повідомлень — до 2 сторінок.

Рукописи більшого обсягу приймаються до журналу тільки після попереднього узгодження з редколегією.

3.2. Послідовність друкування окремих складових наукової статті має бути такою:

1. УДК – в лівому верхньому кутку першого аркуша.
2. Прізвище та ініціали автора (авторів) мовою статті, вчений ступінь та посада (скорочено).
3. Назва наукової установи (в тому числі відділу, кафедри, де виконано працю).
4. Повна поштова адреса (за міжнародним стандартом), телефон та електронна адреса (e-mail) для співпраці з авторами.
5. Назва статті. Вона повинна точно відбивати зміст праці, бути короткою (в межах 9 повнозначних слів), містити ключові слова.
6. Анотація мовою оригіналу друкується перед початком статті з відступом 20 мм від лівого поля.
7. Під анотацією друкуються ключові слова (не більше п'яти).
8. Далі йде текст статті, список літератури.
9. Таблиці та малюнки разом з підписами та необхідними поясненнями до них розміщуються у тексті статті.
10. На окремому аркуші подаються резюме (російською та англійською мовами для україномовних статей; українською та англійською — для російськомовних), оформлених таким чином: прізвище та ініціали автора (авторів), назва наукової установи, повна поштова адреса установи, назва статті, слово "Резюме" ("Summary"), текст резюме, ключові слова.

3.3. Стаття повинна бути підписана автором (авторами).

4. МОВНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ: ТЕРМІНОЛОГІЯ, УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ, ПОСИЛАННЯ. ТАБЛИЦІ, СХЕМИ, МАЛЮНКИ

4.1. Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, за правильну українську наукову термінологію (її слід звіряти за фаховими термінологічними словниками).

4.2. Латинські біологічні терміни (назви видів, родів) подаються обов'язково латиницею і курсивом. За першого вживання латинської назви у дужках слід обов'язково подати український відповідник назви.

4.3. Якщо часто повторювані у тексті словосполучення автор вважає за потрібне скоротити, то такі абревіатури за першого вживання наводять у дужках. Наприклад: селекційно-генетичний інститут (далі СГІ).

4.4. Посилання на літературу подаються у тексті статті, обов'язково у квадратних дужках, цифрами. Цифра в дужках позначає номер праці у "Списку літератури". Назви праць у списку літератури розташовуються у порядку цитування в тексті і оформлюються за правилами ВАК (див. "Бюлетень ВАК України, 1997, № 2, с. 29–31).

4.5. Цифровий матеріал, по можливості, слід зводити у таблиці і не дублювати у тексті. Таблиці повинні бути компактними, мати порядковий номер; графи, колонки мають бути точно визначеними логічно і графічно. Цифровий матеріал таблиць слід обробити статистично. Матеріал

таблиць (як і малюнків) повинен бути зрозумілим незалежно від тексту статті.

При об'єднанні декількох рисунків або фотографій в один рекомендується позначати кожен з них прописними літерами знизу. Наприклад:

а *б*

Рис. Підпис рисунку

4.6. Рисунки виконуються у програмах "Діаграма Microsoft Graph" або "Діаграма Microsoft Excel" та вставляються у текст. Кожна крива на рисунку повинна мати номер, зміст кривих пояснюється у підписах під рисанком. На осях абсцис і ординат рисунка зазначається лише величина, що вимірюється, і її розмірність в одиницях СІ (%, мм, г і т. п.).

4.7. У розділі "Результати досліджень" (якщо цей розділ не поєднаний з "Аналізом результатів", див. 2.4) необхідно викласти лише виявлені ефекти без коментарів — всі коментарі та пояснення подаються в "Аналізі результатів". При викладі результатів слід уникати повторення змісту таблиць та рисунків, а звертати увагу на найважливіші факти та певні закономірності, що з них випливають. Математичні (хімічні) формули виконуються засобами внутрішнього редактора формул "Microsoft Equal" і, при потребі, нумеруються.

4.8. У розділі "Аналіз результатів" необхідно показати причинно-результативні зв'язки між встановленими ефектами, порівняти отриману інформацію з даними літератури і наголосити на виявлених нових даних. При аналізі слід посилатися на ілюстративний матеріал статті. Аналіз має закінчуватися відповіддю на питання, поставлені у вступі.

5. ЛІТЕРАТУРА

Список літератури друкується мовою оригіналу відповідної праці. Назви праць у списку літератури розташовуються у порядку цитування в тексті і оформлюються за правилами ВАКу.

Приклади бібліографічних записів

Книги, монографії

1. *Горячковский А. М.* Клиническая биохимия. – О.: Астропринт, 1998. – 608 с.
2. *Лизосомы.* Методы исследования / Под ред. Д. Дингла. – М.: Мир, 1980. – 342 с.
4. *Флора* УРСР: В 12 т. Т. 10 / АН УРСР. – К., 1965. – 126 с.

Статті з журналів
Один, два або три автори

5. *Пряхин Е. А.* Адаптивные реакции при воздействии факторов электромагнитной природы // Вестник ЧГПУ. - 2006. – № 6. - С. 136- 145.
6. *Levy A. A., Feldman M.* The impact of polyploidy on grass genome evolution // Plant Physiology. - 2002. - Vol. 130, N 3. - P. 1587- 1593.

7. *Андриевский А. М., Катаненко С. В., Тоцкий В. Н.* Онтогенетические особенности пептидгидролазной активности экстрактов тканей Drosophila melanogaster // Укр. биохим. журн. – 1982. – Т. 54, № 5. – С. 519–524.
8. *Zhou S., Chhan E., Duan W.* Drug bioactivation, covalent binding to target proteins and toxicity relevance // Drug Metab Rev. – 2005. – Vol. 37. – P. 41–213.

Більш ніж три автори

9. *Экспрессивность* ген-энзимных систем и показатели жизнеспособности в онтогенезе инбредных линий и гибридов дрозофилы / В. Н. Тоцкий, Н. Д. Хаустова, А. М. Андриевский, Н. Г. Гандирук // Генетика. – 1990. – Т. 26, №2. – С. 1791–1799.
10. *Цистеиновые* протеиназы и их ингибиторы при развитии мышиной НА-1 гепатомы и противоопухолевой терапии / О. Н. Потеряева, Т. А. Короленко, И. Г. Свечникова и др. // Биомедицинская химия. – 2004. – Т. 50, № 2. – С. 172–179.

Збірки

11. *Селекция* in vitro генотипов пшеницы с комплексной устойчивостью к фузариозу злаков / Е. А. Клечковская, С. А. Игнатова, А. И. Слепченко и др. // Биология клеток растений in vitro, биотехнология и сохранение генофонда: Тез. докл. VII Междунар. конф. Руза, 12–14 сент. 1997 г. – М., 1997. – С. 372.
12. *De Man J. C., Rogosa M., Sharpe M. E.* Cell transfer and Interferon Studies // Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology. – Quebec, 2000. – P. 31.

Дисертації, автореферати дисертації

13. *Олярник О. О.* Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.04 / Ін-т біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України. – К., 1998. – 17 с.
14. *Олярник О. О.* Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: Дис... канд. біол. наук: 03.00.04 / Ін-т біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України. – К., 1998. – 117 с.

Депоновані наукові роботи, патенти, авторські свідотства

15. *Рябушко Л. И.* Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова. – Севастополь, 1991. – 28 с. – Деп. в ВИНИТИ 11.07.91 г., № 2981-В91.
16. *Патент* України СО7Д 243/24 ФС № 953812. Способ отримання 3-окси-7-бром-5(орто-лор)-бенздиазепина. – № 19803; Заявл. 09.04.90; Опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. – 3 с.

Скорочення назв міст при вказівці міста видання (ДСТУ 3582-97): Київ — К.; Львів — Л.; Одеса — О.; Харьків — Х.; Москва — М.; Ленінград — не скорочується; Санкт-Петербург С.Пб.; Сімферополь — Сімф.; Дніпропетровськ — Д.; Ростов на Дону — Ростов н/Д.

6. АНОТАЦІЯ. РЕЗЮМЕ. КОЛОНТИТУЛИ

Анотація (коротка стисла характеристика змісту праці) подається мовою оригіналу статті, містить не більше 50 повнозначних слів і передує (окремим абзацом) основному тексту статті.

Резюме (короткий висновок з основними положеннями праці) подається російською та англійською мовами, містить не більше 50 повнозначних слів і друкується на окремому аркуші. Якщо стаття написана російською мовою, то резюме подається українською та англійською.

Колонтитул (короткий або скорочений чи видозмінений заголовок статті для друкування зверху на кожній сторінці тексту праці) подається мовою оригіналу статті разом з прізвищем та ініціалами автора на окремому аркуші.

Редколегія має право редагувати текст статей, рисунків та підписів до них, погоджуючи відредагований варіант з автором, а також відхиляти рукописи, якщо вони не відповідають вимогам “Вісника ОНУ”. Рукописи статей, що прийняті до публікування, авторам не повертаються.

Odessa National University Herald

•

Вестник Одесского национального университета

•

ВІСНИК
ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Том 13 • Випуск 4 • 2008

Біологія

Українською та російською мовами

Технічний редактор *Г. О. Куклєва*
Редактор *Н. Я. Рихтік*

Підписано до друку 05.09.2008. Формат 70×108/16.
Папір офсетний. Гарнітура Newton. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 18,03.
Тираж 100 прим. Зам. № 28.

Надруковано у друкарні видавництва “Астропринт”
65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21.
Тел.: 8(0482) 37-14-25, 37-24-26, 33-07-17

www.astroprint.odessa.ua

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003 р.