

<https://doi.org/10.15407/frg2020.04.342>

УДК 581.142:631.811

ДОСЯГНЕННЯ НАУКОВЦІВ СЕКЦІЇ «РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН, ФІЗІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ» УКРАЇНСЬКОГО ТОВАРИСТВА ФІЗІОЛОГІВ РОСЛИН (2018—2019)

І.В. КОСАКІВСЬКА, О.К. ЗОЛОТАРЬОВА, Л.В. ВОЙТЕНКО

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного Національної академії наук України
01601 Київ, вул. Терещенківська, 2
e-mail: irynakosakivska@gmail.com

Секція «Ріст і розвиток рослин, фізіологічно активні речовини» Українського товариства фізіологів рослин (УТФР) об'єднує науковців відділу фітогормонології і відділу мембранології та фітохімії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Серед них чотири доктори і п'ятнадцять кандидатів біологічних наук. Фітофізіологи виявили закономірності у функціонуванні фітогормональної системи папоротеподібних, визначили оптимальні концентрації екзогенних фітогормонів для проростання спор і розвитку гаметофітів у культурі *in vitro*. Доведено, що праймування зернівок *Triticum aestivum* та *T. spelta* екзогенною абсцизовою кислотою (АБК) індукує стійкість до гіпертермії та помірної ґрунтової посухи, пришвидшує післястресове відновлення. Динаміку ростових процесів злаків за гіпертермії і ґрунтової посухи та в період відновлення регулюють зміни в балансі й локалізації ендогенних АБК та індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК). Розроблено біотехнологічні засади отримання біопрепаратів із високою цитокініновою активністю з міцеліальної біомаси лікарських базидієвих грибів для медичного застосування. У польових умовах протестовано біотехнологію праймування озимої пшениці препаратом, створеним на основі бактеріальних медіаторів класу ацилгомосеринлактонів, отримано патент на винахід. Фітохіміки виявили, що стромальні карбоангідрази хлоропластів різночутливі до важких металів, що відкриває можливість їх використання для раннього моніторингу забруднення. Змонтовано установку для вимірювання екосистемних потоків CO₂ на основі CO₂-газоаналізатора S-151, за допомогою якої можна оцінити наслідки забруднення довкілля нафтопродуктами й важкими металами. Доведено існування в складі АТФ-синтазного комплексу хлоропластів регуляторних сайтів, чутливих до рівня HCO₃⁻/CO₂ у середовищі. На прикладі *Galanthus nivalis* продемонстровано участь сахарози в адаптації фотосинтетичного апарату до мінусових температур.

Ключові слова: фітогормонологія, фітохімія, мембранологія, біотехнологія, злаки, фотосинтез, важкі метали.

Секція «Ріст і розвиток рослин, фізіологічно активні речовини» УТФР налічує 19 членів (відділ фітогормонології, відділ мембранології та фітохімії Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН Ук-

Цитування: Косаківська І.В., Золотарьова О.К., Войтенко Л.В. Досягнення науковців секції «Ріст і розвиток рослин, фізіологічно активні речовини» Українського товариства фізіологів рослин (2018—2019). *Фізіологія рослин і генетика*. 2020. 52, № 4. С. 342—352. <https://doi.org/10.15407/frg2020.04.342>

раїни), серед яких чотири доктори і п'ятнадцять кандидатів біологічних наук. Відділ фітогормонології — головний науковий осередок в Україні, який проводить фундаментальні дослідження фітогормональної системи рослин різних таксонів, вивчає роль регуляторних підсистем в управлінні програмами внутрішнього розвитку й адаптації до зовнішніх впливів. Основними напрямками наукової роботи відділу мембранології та фітохімії є вивчення молекулярних механізмів процесів перетворення і запасання енергії світла, структури й функцій мембран і надмолекулярних комплексів, що беруть участь у біологічній трансформації енергії, розробка теоретичних основ і прикладних підходів використання фотосинтезуючих організмів у біотехнологіях та альтернативній енергетиці.

У 2018 р. науковці відділу фітогормонології завершили виконання п'ятирічної теми «Гормональний контроль росту та розвитку спорових рослин (різної таксономічної належності)». Видано друком і в електронному вигляді колективну монографію «Фітогормональна система та структурно-функціональні особливості папоротеподібних (Polypodiophyta)», в якій узагальнено результати власних досліджень авторів та літературні дані щодо ролі фітогормональної системи в регуляції росту і розвитку вищих судинних спорових рослин. Наведено сучасний погляд на біосинтез, метаболізм, транспорт цитокінінів, ауксинів, гіберелінів та абсцизової кислоти, трансдукцію фітогормональних сигналів. Автори запропонували відомості щодо складу, розподілу, співвідношення форм, локалізації й динаміки фітогормонів в органах вищих судинних спорових рослин, обговорено вплив екзогенних фітогормонів на проростання спор і морфогенез гаметофітів у культурі *in vitro*. Окрему увагу приділено структурно-функціональним особливостям папоротеподібних, таких як ультраструктурна будова фотосинтетичних органел, фотосинтетична й ліпоксигеназна активність, мікроструктура поверхні органів папоротеподібних [6]. Результати вивчення фізіолого-біохімічних характеристик папоротеподібних висвітлені в низці публікацій у провідних іноземних і вітчизняних журналах [5, 7, 18, 24, 28] і представлені у двох пленарних доповідях на XVI читаннях, присвячених пам'яті академіка Миколи Григоровича Холодного, проведених у рамках спільного засідання Українського ботанічного товариства та Українського товариства фізіологів рослин (26 червня 2018 р., Київ).

У 2019 р. у рамках цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України «Молекулярні та клітинні біотехнології для потреб медицини, промисловості та сільського господарства» завершено виконання двох проектів. За проектом «Скринінг лікарських грибів-продуцентів цитокінінів для створення новітніх біологічно активних препаратів та лікувальних засобів» вперше досліджено якісний склад і кількісний вміст гормонів цитокінінової природи у міцеліальній біомасі 13 видів лікарських базидієвих грибів із Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Визначено перспективні види для створення біологічно активних засобів, міцеліальна біомаса яких вирізняється за значною продуктивністю цитокінінів. Виявлено стимулювальну дію есенційних елементів — цинку, мангану, міді —

на ріст та якісний склад і кількісний вміст цитокінінів міцеліальної біомаси лікарського гриба *Trametes versicolor* штам 353. Отримані результати висвітлено в провідних світових і вітчизняних наукових виданнях [1, 4, 30, 31], представлено на 10-й Міжнародній конференції, що відбулась 19—22 вересня 2019 р. у м. Нантунь, КНР.

За проектом «Розробка біотехнології праймування пшениці на основі бактерійних сигнальних молекул класу ацилогомосеринолактонів для підвищення стійкості і врожайності» підібрано ефективні концентрації С₆-ГГЛ, складено протоколи праймування зернівок і фоліарної обробки рослин. Зафіксовано підвищення вмісту хлорофілів у листках пшениці за праймування зернівок розчином С₆-ГГЛ (N-гексаноїл-L-гомосеринлактон). Після фоліарної обробки посівів у фазу виходу в трубку хлорофільний індекс зростав. Показники елементів структури врожаю, серед яких продуктивна кущистість, кількість і маса зерен в одному колосі, маса 1000 зернин, поліпшувались. В умовах реальної агроєкосистеми виявлено вплив праймування ГГЛ на якісний і кількісний склад екологічних груп ризосферної мікрофлори. Отримані результати виявили відповідність ГГЛ вимогам інтенсивного органічного землеробства. У 2018 р. препарат обрав для використання агрохолдинг «Миронівський хлібопродукт». Отримано патент на винахід № 120310 «Спосіб обробки насіння та вегетативної маси рослин пшениці озимої» [12]. Результати досліджень визнані пріоритетними й отримали фінансову підтримку PLoS Global Participation Initiative видавництва для опублікування в журналі «PLoS One» [26].

Роботами в галузі фітофізіології виявлено, що праймування зернівок *Triticum aestivum* та *T. spelta* екзогенною АБК індукує стійкість рослин до гіпертермії та помірної ґрунтової посухи, пришвидшує післястресове відновлення. Показано, що динаміка ростових процесів злакових культур за дії гіпертермії і ґрунтової посухи та в період відновлення регулюється змінами в балансі й локалізації ендогенних АБК та ІОК. Визначено структурно-функціональні зміни фотосинтетичного апарату, особливості акумуляції низькомолекулярних поліфункціональних протекторів і регуляції активності ліпоксигеназ за температурних стресів у рослин озимої пшениці. Результати досліджень опубліковані в провідних наукових виданнях [8, 9, 17, 19, 20].

У 2019 р. завершено виконання дворічного проекту «Комплексне дослідження сигнальних і метаболічних систем рослин та їх анатомо-морфологічних і ультраструктурних характеристик за умов забруднення середовища важкими металами». Серед розчинних білків хлоропластів виявлено чотири типи карбоангідразної активності з різною чутливістю до інгібувальної дії важких металів. Концентраційна залежність інгібування є специфічною для кожного з досліджених металів, що можна використати для оцінювання природи і вмісту металу в середовищі. Найбільшою мірою карбоангідразну активність стромальної фракції пригнічували іони срібла, інгібування двовалентними металами посилювалося в ряду Ni < Co < Cd. Отримані дані підтвердили можливість використання карбоангідрази хлоропластів як біомаркера раннього моніторингу забруднення довкілля важкими металами [2, 13, 16]. Проаналізовано особливості

реакції на дію іонів Cd^{2+} фотосинтетичного апарату *Arabidopsis thaliana* генотипів Chernobyl-07, Oasis та Columbia-0 із різною стійкістю до хронічного іонізуючого випромінювання. Екотиби Columbia-0 та Oasis виявилися чутливішими до дії 100 мкМ іонів Cd^{2+} . Після усунення стресового чинника фотосинтетичні показники відновлювалися лише в екотипу Columbia-0 [14].

Показано, що стратегія адаптації тридобових рослин озимої пшениці до цинкового стресу за праймування зернівок екзогенною АБК спрямована на посилення росту кореневої системи. Дослідженням впливу екзогенної АБК і цинку виявлено зміни в балансі ендогенних фітогормонів, які ініціюють захисні механізми та подальшу адаптацію рослин. Отримані результати опубліковані у вітчизняних та іноземних наукових журналах [10, 23, 29].

У 2019 р. розпочато виконання проекту «Дослідження протипухлинних властивостей біологічно активних речовин цитокінінової природи з міцеліальної біомаси лікарських базидієвих грибів» за конкурсом науково-дослідних робіт спільних колективів науковців Національної академії наук України та Київського національного університету імені Тараса Шевченка на 2019—2020 рр. Досліджено вплив неочищених екстрактів та очищених фракцій цитокінінів із вирощеної *in vitro* міцеліальної біомаси видів лікарських грибів *Fomitopsis officinalis* штаму 5004 та *Hericium coralloides* штаму 2332 на ріст і розвиток культур ліній пухлинних клітин: Hela (МТТ-аналіз), T24/83 (життєздатність та рівень апоптотичних клітин), HepG2 (засвоєння глюкози). Для очищених фракцій цитокінінів встановлено вищу цитотоксичну/цитостатичну активність, більший апоптотичний індекс та знижений рівень гліколізу. Ефекти цитокінінових фракцій міцеліальної біомаси *Fomitopsis officinalis* виявились виразнішими. Отримані результати підтвердили, що до комплексу біологічно активних речовин лікарських грибів із високим фармакологічним потенціалом входять цитокініни [32].

У 2018—2019 рр. науковці відділу мембранології та фітохімії проводили дослідження в рамках трьох фундаментальних і одного прикладного проектів.

При виконанні проекту фундаментальних досліджень «Координація біоенергетичних процесів у рослин за умов зростання вмісту атмосферного CO_2 » були отримані докази існування в складі АТФ-синтазного комплексу хлоропластів регуляторних сайтів, чутливих до рівня $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$ у середовищі, які вказують на можливу роль АТФ-синтази (КФ 3.6.3.14) — ключового трансмембранного ензиму хлоропластів, що забезпечує синтез АТФ за рахунок енергії протонного градієнта — в узгодженні вуглецевого й енергетичного метаболізму в рослинній клітині [27]. Результати дослідження були представлені у формі пленарної доповіді на «Annual Congress on Plant Science and Biosecurity» (11—13 липня 2019, Лондон, Велика Британія).

У рамках проекту фундаментальних досліджень «Структурні та метаболічні реакції рослин на глобальні зміни клімату» проаналізовано вплив інтенсивності освітлення на ріст і накопичення фотосинтетичних пігментів міксотрофною культурою *Euglena gracilis*. Визначе-

но оптимальні умови освітлення, а також концентрації в живильному середовищі етанолу та етанолу із глутаматом натрію. Встановлено, що знижений рівень хлорофілів у клітинах міксотрофних культур порівняно з автотрофними на початку експоненційної фази росту свідчить про катаболічну репресію синтезу пігментів. Вміст хлорофілів, каротиноїдів та співвідношення хлорофілів a/b у клітинах міксотрофних культур збільшувались упродовж культивування [11, 25, 33]. Результати були представлені у формі усних доповідей на VI Міжнародній конференції «Advances in modern phycology» (15–17 травня 2019, Київ, Україна) та «Annual Congress on Plant Science and Biosecurity» (11–13 липня 2019, Лондон, Велика Британія).

При вивченні адаптації ефемероїда *Galanthus nivalis* до дії низьких температур показано, що одним із механізмів підвищення холодостійкості є накопичення цукрів у листках. Сахароза відіграє важливу роль у структурних змінах гранальної системи хлоропластів, які посилюють репараційні можливості та стабілізацію фотосинтетичного апарату і забезпечують ефективність його функціонування за гіпотермічних умов [3, 21, 22]. За результатами досліджень О.М. Федюк захистила кандидатську дисертацію на тему «Структурно-функціональні особливості хлоропластів і мітохондрій листків *Galanthus nivalis* L. за низьких температур» за спеціальністю 03.00.11 — цитологія, клітинна біологія, гістологія.

Встановлено стимулювальну дію речовин класу рацетамів на ріст і фізіологічний стан міксотрофної культури *Chlamydomonas reinhardtii* в контролі та за умов стресу, індукованого токсичними концентраціями важких металів міді і цинку. Розроблено рекомендації з використання сполук класу рацетамів для стимуляції росту мікроводоростей за несприятливих умов, призначені для наукових і прикладних досліджень у галузі біотехнології [15].

У рамках прикладного проекту за договором цільової програми НАН України «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту Горизонт-2020 ERA-PLANET» (ERA-PLANET/UA) «Розробка теоретично-методичних основ та полігонна перевірка впливу забруднення довкілля нафтопродуктами й важкими металами шляхом прецизійних гіперспектральних і газометричних наземних та супутникових досліджень ветландів на території України» змонтовано установку для вимірювання екосистемних потоків CO_2 на основі CO_2 -газоаналізатора S-151 (Qubit systems, Канада) (рис. 1), за допомогою якої визначають такі параметри: 1) дихання екосистеми — сума дихання автотрофів і гетеротрофів; 2) чистий екосистемний обмін вуглецю — різниця між валовою продуктивністю екосистеми і диханням екосистеми; 3) валова продуктивність екосистеми — кількість CO_2 , яка засвоюється рослинами в процесі фотосинтезу; 4) дихання ґрунту, що складається з автотрофної (дихання коренів рослин) та гетеротрофної (ґрунтові мікроорганізми) частин.

На базі відділу фітогормонології функціонує Центр колективного користування хромато-мас-спектрометром (ЦКК ХМС), в якому досліджували біологічно активні речовини (ІОК, АБК, саліцилову,

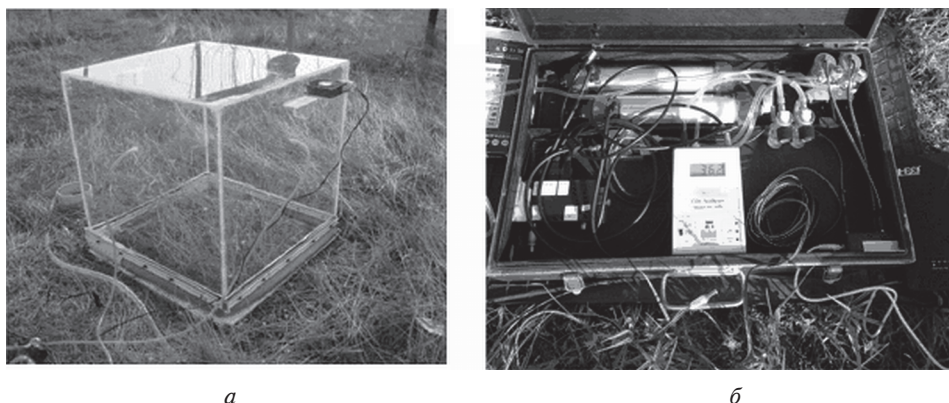


Рис. 1. Установка для вимірювання екосистемних потоків CO_2 :

a — проточна камера для вимірювання екосистемних потоків CO_2 ; *б* — контрольно-вимірювальний блок CO_2 -газоаналізу з вбудованим реєстратором даних

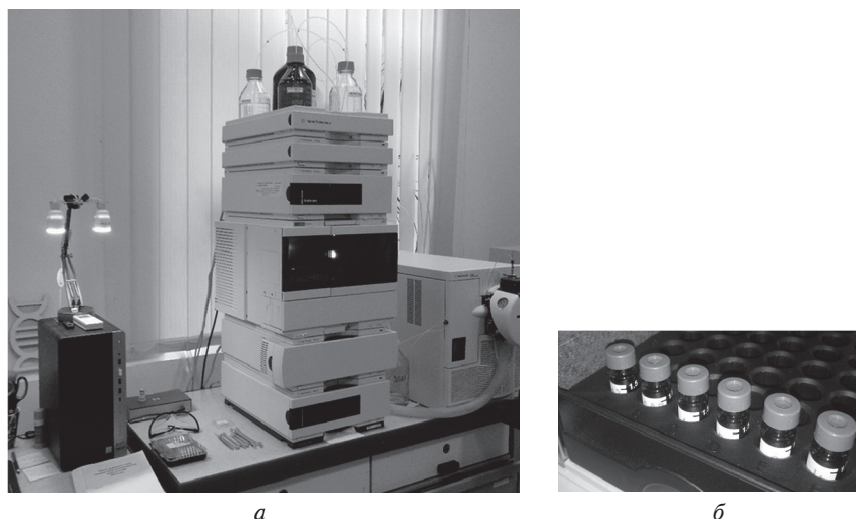


Рис. 2. Рідинний хроматограф Agilent 1200 (*a*) та автосамплер Agilent Infinity II 1260 із віалами (*б*) у Центрі колективного користування хромато-мас-спектрометром (Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, відділ фітогормонології)

гіберелову кислоти, різні ізоформи цитокинінів) у рослинних зразках відповідно до заявок від відділів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (м. Київ), Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України (м. Київ), Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України (м. Київ) та Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (м. Вінниця). Співробітники Центру освоїли і впровадили новий метод визначення вмісту синтетичного регулятора росту бензиламінопурину у рістстимулювальних препаратах із застосуванням DAD-матриці. У рамках виконання програми Президії НАН України з модернізації та доукомплектації приладів центрів колективного користування в 2019 р. за участю сервісних інженерів компанії «Алсі-Хром» модернізовано рідинний хроматограф Agilent 1200 (рис. 2). Встановлено автосамплер Agilent Infinity II 1260 замість ручного

інжектора, замінено керувальний комп'ютер хроматографа, оновлено програмне забезпечення.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Аль-Маалі Г.А., Веденичова Н.П., Бісько Н.А., Косаківська І.В. Вплив мікроелементів на вміст цитокінінів у міцеліальній біомасі лікарського гриба *Trametes versicolor* (Polyporaceae, Basidiomycota). *Укр. ботан. журн.* 2019. **76** (1). С. 71—78.
2. Белявська Н.А., Федюк О.М., Золотарева Е.К. Растения и тяжелые металлы: рецепция и сигналинг. *Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія.* 2018. **3** (45). С. 10—30.
3. Білявська Н.О., Федюк О.М. Мікроструктура поверхні листків *Galanthus nivalis* L. на ранньовесняних етапах розвитку. *Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія.* 2018. **2** (44). С. 50—58. <https://doi.org/10.35550/vbio2018.02.050>
4. Веденичева Н.П., Аль-Маали Г.А., Бісько Н.А., Щербатюк Н.Н., Косаковская И.В. Особенности роста и содержание эндогенных цитокининов в мицелиальной биомассе базидиальных грибов *Hericium coralloides* и *Fomitopsis officinalis* в культуре in vitro. *Допов. Нац. акад. наук України.* 2018. № 9. С. 97—104. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.09.097>
5. Косаківська І.В., Васюк В.А., Войтенко Л.В. Ендогенні фітогормони в онтогенезі лептоспорангіатної папороті флори України *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. *Допов. Нац. акад. наук України.* 2018. № 12. С. 79—86. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.12.079>
6. Косаківська І.В., Бабенко Л.М., Вашека О.В., Васюк В.А., Войтенко Л.В., Романенко К.О., Щербатюк М.М. Фітогормональна система та структурно-функціональні особливості папоротеподібних (Polypodiophyta). І.В. Косаківська (голов. ред.). Київ: Наш формат, 2019. 250 с.
7. Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Васюк В.А., Щербатюк М.М., Романенко К.О., Бабенко Л.М. Гормональний комплекс гаметофітів папороті *Dryopteris filix-mas* (Dryopteridaceae) в культурі in vitro. *Укр. ботан. журн.* 2019 а. **76** (3). С. 260—269. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.03.260>
8. Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Васюк В.А., Веденичова Н.П., Бабенко Л.М., Щербатюк М.М. Фітогормональна регуляція проростання насіння. *Физиология растений и генетика.* 2019 б. **51** (3). С. 187—206. <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.187>
9. Косаківська І.В., Васюк В.А., Войтенко Л.В. Вплив екзогенної абсцизової кислоти на морфометричні показники ростових процесів озимої пшениці та спелости за дії гіпертермії. *Физиология растений и генетика.* 2019. **51** (4). С. 324—337. <https://doi.org/10.15407/frg2019.04.324>
10. Косаківська І.В., Щербатюк М.М., Васюк В.А., Войтенко Л.В. Гормональна система рослин за дії важких металів. *Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія.* 2019. **3** (48). С. 6—22. <https://doi.org/10.35550/vbio2019.03.006>
11. Мокросноп В.М. Вплив інтенсивності освітлення на ріст міксотрофних культур *Euglena gracilis* та накопичення фотосинтетичних пігментів у їх клітинах. *Физиология растений и генетика.* 2019. **51** (1). С. 76—83. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.076>
12. Спосіб обробки насіння та вегетативної маси рослин пшениці озимої: пат. 120310 Зареєстрований 11.11.2019.
13. Поліщук О.В., Семеніхін А.В., Топчій Н.М., Золотарьова О.К. Інгібування множинних форм карбоангідрази хлоропластів шпинату іонами купруму. *Допов. Нац. акад. наук України.* 2018. № 4. С. 94—101. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.04.094>
14. Сиваш О.О., Михайленко Н.Ф., Золотарьова О.К. Варіація співвідношення вмісту хлорофілів *a* і *b* при адаптації рослин до зовнішніх чинників. *Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія.* 2018. **3** (45). С. 49—73. <https://doi.org/10.35550/vbio2018.03.049>
15. Степанов С.С., Поліщук О.В. Дія 2-(2-оксипіролідін-1-іл)ацетаміду на ріст і функціональний стан фотосинтетичного апарату *Chlamydomonas reinhardtii*. *Физио-*

- логия растений и генетика. 2019. **51** (3). С. 267—275. <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.267>
16. Топчий Н.М., Поліщук О.В., Золотарьова О.К., Ситник С.К. Вплив іонів Cd^{2+} на активність стромальних карбоангідраз хлоропластів шпинату. *Фізіологія растений и генетика*. 2019. **51** (2). С. 172—182. <https://doi.org/10.15407/frg2019.02.172>
 17. Babenko L.M., Hospodarenko H.M., Rozhkov R.V., Pariy Ya.F., Pariy M.F., Babenko A.V., Kosakivska I.V. *Triticum spelta* L.: origin, biological characteristics and perspectives of use in breeding and agriculture. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. **8** (2). P. 250—257. <https://doi.org/10.15421/021837>
 18. Babenko L., Vasheka O., Shcherbatiuk M., Romanenko P., Voytenko L., Kosakivska I. Biometric characteristics and surface microstructure of vegetative and reproductive organs of heterosporous water fern *Salvinia natans*. *Flora*. 2019. **252**. P. 44—50. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.02.006>
 19. Babenko L.M., Smirnov O.E., Romanenko K.O., Trunova O. K., Kosakivska I.V. Phenolic compounds in plants: biogenesis and functions. *Ukr. Biochem. J.* 2019. **91** (3). P. 5—18. <https://doi.org/10.15407/ubj91.03.005>
 20. Babenko L.M., Vodka M.V., Akimov Yu. N., Smirnov A.E., Babenko A.V., Kosakovskaya I.V. Specific features of the ultrastructure and biochemical composition of *Triticum spelta* L. leaf mesophile cells in the initial period of stress temperature action. *Cell and Tissue Biology*. 2019. **13** (1). P. 70—78.
 21. Bilyavska N.O., Fediuk O. M., Zolotareva E.K. Chloroplasts of cold-tolerant plants. *Plant Science Today*. 2019. **6** (4). P. 407—411. <https://doi.org/10.14719/pst.2019.6.4.584>
 22. Fediuk O.M., Bilyavska N.O., Zolotareva E.K. Effects of soil early-spring temperature on the morphometric parameters of mitochondria in *Galanthus nivalis* L. leaves. *Plant Science Today*. 2018. **5** (4). P. 149—154.
 23. Kosakivska I.V., Voytenko L.V., Vasyuk V.A., Shcherbatiuk M.M. Effect of zinc on growth and phytohormones accumulation in *Triticum aestivum* L. priming with abscisic acid. *Допов. Нац. акад. наук України*. 2019. № 11. P. 93—99. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.11.093>
 24. Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Voytenko L.V., Shcherbatiuk M.M., Romanenko K.O., Babenko L.M. Endogenous phytohormones of fern *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. gametophytes at different stages of morphogenesis in vitro culture. *Cytology and Genetics*. 2020. **54** (1). P. 23—30. <https://doi.org/10.3103/S0095452720010089>
 25. Mokrosnop V.M. Production of storage polysaccharide paramylon in microalga *Euglena gracilis* Klebs (Euglena, Euglenophyceae). *Int. J. Algae*. 2018. **20** (2). P. 153—166. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i2.40>
 26. Moshynets O.V., Babenko L.M., Rogalsky S.P., Iungin O.S., Foster J., Kosakivska I.V., Potters G., Spiers A.J. Priming winter wheat seeds with the bacterial quorum sensing signal N-hexanoyl-L-homoserinylactone (C6-HSL) shows potential to improve plant growth and seed yield. *PLoS One*. 2019. **14** (2). P. 1—17. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0209460>
 27. Onoiko O.B., Khomochkin A.P., Zolotareva O.K. Influence of sulfite on ATPase activity of coupling factor CF1 isolated from spinach chloroplasts. *Ukr. Biochem. J.* 2019. **9** (1). P. 47—52. <https://doi.org/10.15407/ubj91.01.047>
 28. Romanenko K.O., Kosakivska I.V., Babenko L.M., Vasheka O.V., Romanenko P.O., Negretsky V.A., Minarchenko V.M. Effects of exogenous cytokinins on spore germination and gametophyte morphogenesis of *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott in vitro culture. *Cytol. Genet.* 2019. **53** (3). P. 192—201. <https://doi.org/10.3103/S0095452719030034>
 29. Vasyuk V.A., Voytenko L.V., Shcherbatiuk M.M., Kosakivska I.V. Effect of exogenous abscisic acid on seed germination and growth of winter wheat seedlings under zinc stress. *J. Stress Physiol and Biochem.* 2019. **15** (2). P. 68—78.
 30. Vedenicheva N.P., Al-Maali G.A., Bisko N.A., Shcherbatiuk M.M., Lomberg M.L., Mytropolska N.Y., Mykchaylova O.B., Kosakivska I.V. Comparative Analysis of Cytokinins in Mycelial Biomass of Medicinal Mushrooms. *Int. J. Medic. Mushrooms*. 2018. **20** (9). P. 837—847. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018027797>
 31. Vedenicheva N.P., Al Maali G.A., Mykhaylova O.B., Lomberg M.L., Bisko N.A., Shcherbatiuk M.M., Kosakivska I.V. Endogenous Cytokinins Dynamics in Mycelial Biomass of Basidiomycetes at Different Stages of Cultivation. *Int. J. Biochem. Physiol.* 2018. **3** (2). P. 1—5.

32. Vedenicheva N., Al-Maali G., Bisko N., Kosakivska I., Garmanchuk L., Ostapchenko L. Effect of bioactive extracts with high cytokinins content from mycelial biomass of *Hericium coralloides* and *Fomitopsis officinalis* on tumor cells in vitro. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Ser. Biology*. 2019. **79** (1). P. 20–25.
33. Zolotareva E.K., Mokrosnop V.M., Stepanov S.S. Polyphenol compounds of macroscopic and microscopic algae. *Int. J. Algae*. 2019. **21** (1). P. 5–24. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i1.10>

Отримано 12.05.2020

REFERENCES

1. Al-Maali, G.A., Vedenicheva, N.P., Bisko, N.A. & Kosakivska, I.V. (2019). Effect of microelements on cytokinins content in mycelial biomass of medicinal mushroom *Trametes versicolor* (Polyporaceae, Basidiomycota). *Ukrainian Botanical Journal*, 76 (1), pp. 71-78 [in Ukrainian].
2. Belyavskaya, N.A., Fediuk, O.M. & Zolotareva, E.K. (2018). Plants and Heavy Metals: Reception and Signaling. *Visn. Kharkiv. nat. agrarian. un-tu. Ser. Biol.*, 3(45), pp. 10-30 [in Ukrainian].
3. Bilyavska, N.O. & Fediuk, O.M. (2018). Leaf surface microstructure of *Galanthus nivalis* L. at early-spring stages of ontogenesis. *Kharkiv. nat. agrarian. un-tu. Ser. Biol.*, 2(44), pp. 50-58 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35550/vbio2018.02.050>
4. Vedenicheva, N.P., Al-Maali, G.A., Bisko, N.A., Shcherbatiuk, M.M. & Kosakivska, I.V. (2018). Peculiarities of the growth and the content of endogenous cytokinins in the micelial biomass of basidial mushrooms *Hericium coralloides* and *Fomitopsis officinalis* growing in vitro. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, No. 9, pp. 97-104 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.09.097>
5. Kosakivska, I.V., Vasyuk, V.A. & Voytenko, L.V. (2018). Endogenous phytohormones in leptosporangiate fern *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, No. 12, pp. 79-86 [in Ukrainian]. doi.org/10.15407/dopovidi2018.12.079
6. Kosakivska, I.V., Babenko, L.M., Vashaka, O.V., Vasyuk, V.A., Voytenko, L.V., Romanenko, K.O. & Shcherbatiuk, M.M. (2019). Phytohormonal system and structural and functional features of fern (Polypodiophyta). I.V. Kosakivska. (Ed). *Kyiv: Nash Format*, 250 p. [in Ukrainian].
7. Kosakivska, I.V., Romanenko, K.O., Voytenko, L.V., Vasyuk, V.A., Shcherbatiuk, M.M. & Babenko, L.M. (2019). Hormonal complex of gametophytes of *Dryopteris filix-mas* (Dryopteridaceae) in vitro culture. *Ukr. Botan. J.*, 76(3), pp. 260-269 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.03.260>
8. Kosakivska, I.V., Voytenko, L.V., Vasyuk, V.A., Vedenichova, N.P., Babenko, L.M. & Shcherbatiuk, M.M. (2019). Phytohormonal regulation of seed germination. *Fiziol. rast. genet.*, 51(3), pp. 187-206 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.187>
9. Kosakivska, I.V., Vasyuk, V.A. & Voytenko, L.V. (2019). Effect of exogenous abscisic acid on morphological characteristics of winter wheat and spelt under hyperthermia. *Fiziol. rast. genet.*, 51(4), pp. 324-337 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2019.04.324>
10. Kosakivska, I.V., Shcherbatiuk, M.M., Vasyuk, V.A. & Voytenko, L.V. (2019). Hormonal system of plants under the action of heavy metals. *Kharkiv. nat. agrarian. un-tu. Ser. Biol.*, 3(48), pp. 6-22 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35550/vbio2019.03.006>
11. Mokrosnop, V.M. (2019). The effect of light intensity on the growth of mixotrophic cultures of *Euglena gracilis* and photosynthetic pigments accumulation in cells. *Fiziol. rast. genet.*, 51(1), pp. 76-83 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.076>
12. Pat. 120310, Method of processing seeds and vegetative mass of winter wheat plants, Joined 11. 11. 2019.
13. Polishchuk, A.V., Semenikhin, A.V., Topchyi, N.M. & Zolotareva, E.K. (2018). Inhibition of multiple forms of carbonic anhydrases of spinach chloroplasts by Cu ions. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, No. 4, pp. 94-101 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.04.094>

14. Syvash, O.O., Mykhaylenko, N.F. & Zolotareva, E.K. (2018). Variation of chlorophyll a to b ratio at adaptation of plants to external factors. *Visn. Hark. nac. agrarian un-tu, Ser. Biol.*, 3(45), pp. 49-73 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.35550/vbio2018.03.049>
15. Stepanov, S.S. & Polishchuk, O.V. (2019). Influence of 2-(2-oxypropyrolidin-1-il)acetamide on growth and functional state of photosynthetic apparatus of *Chlamydomonas reinhardtii*. *Fiziol. rast. genet.*, 51(3), pp. 267-275 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2019.03.267>
16. Topchiy, N.M., Polishchuk, O.V., Zolotareva, E.K. & Sytnyk, S.K. (2019). The influence of Cd²⁺ ions on the activity of stromal carbonic anhydrases of spinach chloroplasts. *Fiziol. rast. genet.*, 51(2), pp. 172-182 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/frg2019.02.172>
17. Babenko, L.M., Hospodarenko, H.M., Rozhkov, R.V., Pariy, Ya.F., Pariy, M.F., Babenko, A.V. & Kosakivska, I.V. (2018). *Triticum spelta* L.: origin, biological characteristics and perspectives of use in breeding and agriculture. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(2), pp. 250-257. <https://doi.org/10.15421/021837>
18. Babenko, L., Vasheka, O., Shcherbatiuk, M., Romanenko, P., Voytenko, L. & Kosakivska, I. (2019). Biometric characteristics and surface microstructure of vegetative and reproductive organs of heterosporous water fern *Salvinia natans*. *Flora*, 252, pp. 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.02.006>
19. Babenko, L.M., Smirnov, O.E., Romanenko, K.O., Trunova, O.K. & Kosakivska, I.V. (2019). Phenolic compounds in plants: biogenesis and functions. *Ukr. Biochem. J.*, 91(3), pp. 5-18. <https://doi.org/10.15407/ubj91.03.005>
20. Babenko, L.M., Vodka, M.V., Akimov, Yu. N., Smirnov, A.E., Babenko, A.V. & Kosakovskaya, I.V. (2019). Specific features of the ultrastructure and biochemical composition of *Triticum spelta* L. leaf mesophyll cells in the initial period of stress temperature action. *Cell and Tissue Biology*, 13(1), pp. 70-78.
21. Bilyavska, N.O., Fediuk, O.M. & Zolotareva, E.K. (2019). Chloroplasts of cold-tolerant plants. *Plant Science Today*, 6(4), pp. 407-411. <https://doi.org/10.14719/pst.2019.6.4.584>
22. Fediuk, O.M., Bilyavska, N.O. & Zolotareva, E.K. (2018). Effects of soil early-spring temperature on the morphometric parameters of mitochondria in *Galanthus nivalis* L. leaves. *Plant Science Today*, 5(4), pp. 149-154.
23. Kosakivska, I.V., Voytenko, L.V., Vasyuk, V.A. & Shcherbatiuk, M.M. (2019). Effect of zinc on growth and phytohormones accumulation in *Triticum aestivum* L. priming with abscisic acid. *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, No. 11, pp. 93-99. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.11.093>
24. Kosakivska, I.V., Vasyuk, V.A., Voytenko, L.V., Shcherbatiuk, M.M., Romanenko, K.O. & Babenko, L.M. (2020). Endogenous phytohormones of fern *Polystichum aculeatum* (L.) Roth. gametophytes at different stages of morphogenesis in vitro culture. *Cytology and Genetics*, 54(1), pp. 23-30. <https://doi.org/10.3103/S0095452720010089>
25. Mokrosnop, V.M. (2018). Production of storage polysaccharide paramylon in microalga *Euglena gracilis* Klebs (Euglena, Euglenophyceae). *Int. J. Algae*, 20(2), pp. 153-166. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i2.40>
26. Moshynets, O.V., Babenko, L.M., Rogalsky, S.P., Iungin, O.S., Foster, J., Kosakivska, I.V., Potters, G. & Spiers, A.J. (2019). Priming winter wheat seeds with the bacterial quorum sensing signal N-hexanoyl-L-homoserinelactone (C6-HSL) shows potential to improve plant growth and seed yield. *PLoS One*. 14 (2), pp. 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209460>
27. Onoiko, O.B., Khomochkin, A.P. & Zolotareva, E.K. (2019). Influence of sulfite on ATPase activity of coupling factor CF1 isolated from spinach chloroplasts. *Ukr. Biochem. J.*, 9(1), pp. 47-52. <https://doi.org/10.15407/ubj91.01.047>
28. Romanenko, K.O., Kosakivska, I.V., Babenko, L.M., Vasheka, O.V., Romanenko, P.O., Negretsky, V.A. & Minarchenko, V.M. (2019). Effects of exogenous cytokinins on spore germination and gametophyte morphogenesis of *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott in vitro culture. *Cytol. Genet.*, 53(3), pp. 192-201. <https://doi.org/10.3103/S0095452719030034>
29. Vasyuk, V.A., Voytenko, L.V., Shcherbatiuk, M.M. & Kosakivska, I.V. (2019). Effect of exogenous abscisic acid on seed germination and growth of winter wheat seedlings under zinc stress. *J. Stress Physiol. & Biochem.*, 15(2), pp. 68-78.

30. Vedenicheva, N.P., Al-Maali, G.A., Bisko, N.A., Shcherbatiuk, M.M., Lomberg, M.L., Mytropolska, N.Y., Mykchaylova, O.B. & Kosakivska, I.V. (2018). Comparative Analysis of Cytokinins in Mycelial Biomass of Medicinal Mushrooms. *Int. J. Medic. Mushrooms*, 20(9), pp. 837-847. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2018027797>
31. Vedenicheva, N.P., Al Maali, G.A., Mykhaylova, O.B., Lomberg, M.L., Bisko, N.A., Shcherbatiuk, M.M. & Kosakivska, I.V. (2018). Endogenous Cytokinins Dynamics in Mycelial Biomass of Basidiomycetes at Different Stages of Cultivation. *Int. J. Biochem. Physiol.*, 3(2), pp. 1-5.
32. Vedenicheva, N., Al-Maali, G., Bisko, N., Kosakivska, I., Garmanchuk, L. & Ostapchenko, L. (2019). Effect of bioactive extracts with high cytokinins content from mycelial biomass of *Herichium coralloides* and *Fomitopsis officinalis* on tumor cells in vitro. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Ser. Biology*, 79(1), pp. 20-25.
33. Zolotareva, E.K., Mokrosnop, V.M. & Stepanov, S.S. Polyphenol compounds of macroscopic and microscopic algae. *Int. J. Algae*, 21(1), pp. 5-24. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v21.i1.10>

Received 12.05.2020

ACHIEVEMENTS OF SCIENTISTS OF «PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT, PHYSIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES» SECTION OF THE UKRAINIAN SOCIETY OF PLANT PHYSIOLOGISTS (2018—2019)

I.V. Kosakivska, E.K. Zolotareva, L.V. Voytenko

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine
2 Tereshchenkivska St., Kyiv, 01601, Ukraine
e-mail: irynakosakivska@gmail.com

Section «Plant Growth and Development, Physiologically Active Substances» of the Ukrainian Society of Plant Physiologists unites scientists of the Phytohormonology Department and the Department of Membranology and Phytochemistry of the M.G. Kholodny Institute of Botany of NAS of Ukraine. The section includes four doctors and fifteen candidates of biological sciences. Studies in the field of phytophysiology have established patterns of the phytohormonal system functioning in fern sporophytes during ontogenesis, and determined the optimal concentrations of exogenous phytohormones for initiating spore germination and gametophyte development in vitro culture. *Triticum aestivum* and *T. spelta* grain priming with exogenous abscisic acid (ABA) has been proved to cause resistance to hyperthermia and moderate soil drought, as well as to accelerate recovery from stresses. The cereals growth dynamics under hyperthermia and soil drought conditions, and during the recovery period was shown to be regulated by the balance and localization of endogenous ABA and indole-3-acetic acid. The biotechnological basis for the production of biological preparations with a high cytokinin activity from the mycelial biomass of medicinal mushrooms has been developed for use in medicine. The biotechnological winter wheat priming with a new preparation based on bacterial mediators — acylhomoserinlactone was tested in the field. The invention patent was granted. Studies of phytochemists have established that stromal carbonic anhydrases (CA) of chloroplasts have different sensitivity to heavy metals. The data obtained confirm the possibility of using chloroplasts CA for the early monitoring of environmental pollution. The existence of regulatory sites in the ATP-synthase complex of chloroplasts that are sensitive to the level of $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$ in the medium was proved. Sucrose was demonstrated to be involved in the adaptation of *Galanthus nivalis* photosynthetic apparatus to low temperatures. A measuring unit for CO_2 ecosystem flows based on the CO_2 gas analyzer S-151 was installed to assess the effects of environmental pollution with oil products and heavy metals.

Key words: phytohormonology, phytochemistry, membranology, biotechnology, cereals, photosynthesis, heavy metals.