

## ВПЛИВ ГІДРОКСИКОРИЧНИХ КИСЛОТ ТА КУМАРИНУ НА ЗАХИСНІ РЕАКЦІЇ У ЛИСТКАХ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА ДІЇ ПОСУХИ В РАННЮ ФАЗУ ОНТОГЕНЕЗУ

**Мета** — дослідити вплив гідроксикоричних кислот і кумарину на фізіолого-біохімічні процеси у рослин та їх роль в адаптації до посухи.

**Матеріал та методи.** Вплив посухи досліджували на рослинах *Triticum aestivum* L. 'Поліська 90' при вирощуванні за 20, 40 і 60 % вологості ґрунту. Насіння обробляли водним розчином гідроксикоричних кислот (корична, кавава та хлорогенова кислоти) і кумарину концентрацією  $10^{-4}$  моль. Для встановлення життєвого стану рослин досліджували вміст малонового діальдегіду (МДА), проліну, фенольних сполук, білків, фотосинтетичних пігментів та активність каталази.

**Результати.** Виявлено стимулювання росту як надземної, так і підземної частини рослин у дослідних умовах. Встановлено значне зменшення вмісту фенольних сполук у листках рослин на ранніх стадіях онтогенезу, зокрема концентрація флавоноїдів зменшувалася на 30,8–96,1 % щодо контролю, вміст хлорофілів *a* і *b* збільшувався щодо контролю відповідно у 2,1–2,6 та 1,8–2,5 рази, концентрація каротиноїдів — у 2,0–2,7 рази, вміст білків — на 17–139 %. Виявлено залежність між рівнем забезпечення рослин вологою та активністю каталази — зі збільшенням вмісту води у листках рослин зменшувалась активність ферменту, зокрема активність каталази була меншою в 1,2–1,7 рази щодо контролю. Концентрація МДА в усіх варіантах досліді зменшувалася зі збільшенням вологості ґрунту. Вміст МДА був меншим в 1,1–2,0 рази порівняно з контролем, що свідчить про кращий фізіологічний стан рослин. Це підтверджено зменшенням концентрації проліну в 1,7–12,8 рази щодо контролю.

**Висновок.** Обробка насіння озимої пшениці гідроксикоричними кислотами та кумарином індукує адаптаційні зміни у листках, які сприяють підвищенню стійкості рослин до ґрунтової посухи.

**Ключові слова:** посуха, гідроксикоричні кислоти, кумарин, малоновий діальдегід, пролін, каталаза, фотосинтетичні пігменти.

У світі зернові культури займають найбільші посівні площі серед сільськогосподарських рослин, що свідчить про їх важливе продовольче, кормове і сировинне значення в народному господарстві. Найпоширенішою зерновою культурою в Україні є озима пшениця. За посівними площами вона посідає перше місце серед найважливіших зернових культур і є головною продовольчою культурою. За даними досліджень, лише третина території України відповідає зоні гарантованих врожаїв. На решті території посушливі умови весняно-літнього періоду, несприятливі умови перезимівлі та перезволоження ґрунту, заморозки, сильні зливи і град зменшують врожаї на 30–40 % [1, 5, 9].

Застосування біологічно активних речовин дає змогу повніше реалізувати потенційні можливості рослин, підвищити їх стійкість до дії стресових чинників, зокрема до посухи, збільшити врожай сільськогосподарських культур.

Мета роботи — вивчити вплив гідроксикоричних кислот і кумарину на фізіолого-біохімічні процеси у рослин та їх роль в адаптації до посухи.

### Матеріал та методи

Об'єктом дослідження було обрано сорт *Triticum aestivum* L. Поліська 90 (слабостійкий до посухи).

Насіння пшениці замочували у водних розчинах гідроксикоричних кислот (корична, кавава, хлорогенова) і кумарину концентрацією  $10^{-4}$  моль (установлено експериментально) або

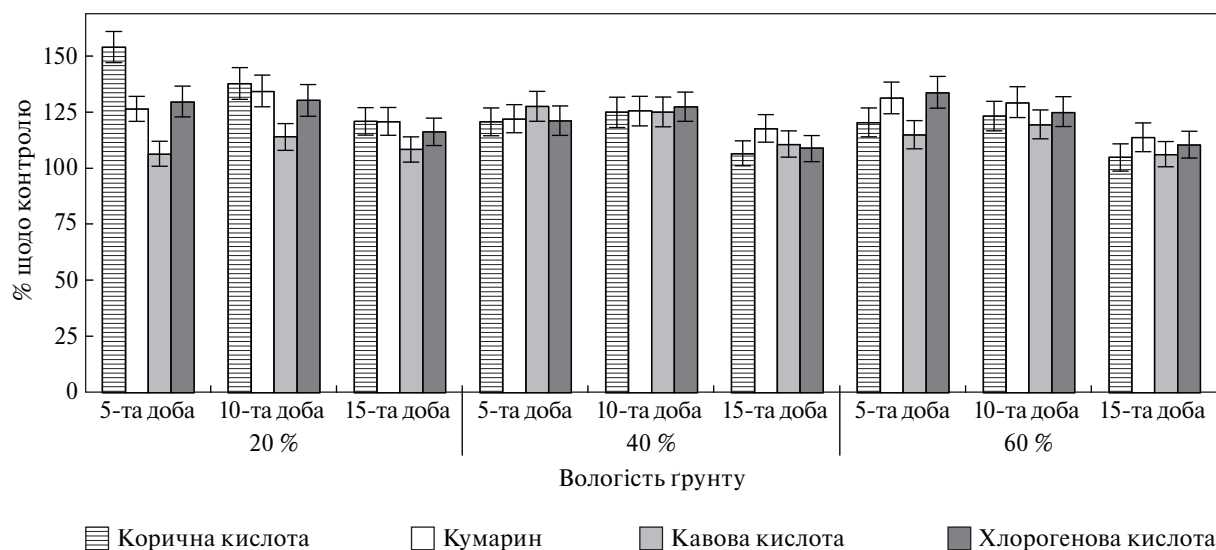


Рис. 1. Приріст надземної частини озимої пшениці за різних умов зволоження

Fig. 1. Increase of aerial part of winter wheat under different moisture conditions

у дистильованій воді (контроль) протягом 3 год. Рослини вирощували у вегетаційних посудинах на темно-сірому опідзоленому ґрунті, вологість якого підтримували гравіметричним методом на рівні 60 % від повної вологоємності (ПВ) — оптимальне водозабезпечення. Модельну посуху створювали одночасним припиненням поливу рослин до 40 та 20 % ПВ на 7 діб у фазу 3—5 листків.

Перебіг процесу пероксидації ліпідів вивчали за вмістом тіобарбітурової кислоти активних продуктів (ТБКАП). Концентрацію ТБКАП визначали за вмістом малонового діальдегіду (МДА) [4].

Пролін екстрагували зі свіжозібраних листків 3 % розчином сульфосаліцилової кислоти. Кількісний вміст визначали спектрофотометрично із застосуванням якісної реакції з нінгідриновим реактивом за методикою Стаценка (1999) [10].

Активність каталази (КФ 1.11.16) визначали за методом Баха й Опаріна за кількістю пероксиду водню, який розкладався під дією ферменту. В контрольному зразку каталазу інактивували сірчаною кислотою, а в дослідному частині пероксиду водню розкладалася під дією ферменту, решту визначали титру-

ванням перманганатом калію в кислому середовищі. Кількість пероксиду водню, який розкладався під дією ферменту, визначали за різницею між дослідними та контрольними зразками [7].

Для оцінки загального вмісту фенольних сполук наважку рослинного матеріалу (1 г) гомогенізували, додавали 0,5 мл етилового спирту і 7 мл дистильованої води, вносили 0,5 мл реактиву Фоліна—Деніса. Через 3 хв додавали 1 мл насиченого розчину натрію карбонату та доводили дистильованою водою до об'єму 10 мл. Через 60 хв за допомогою спектрофотометра визначали оптичну густину екстракту при довжині хвилі, яка максимально відповідала максимуму поглинання фенолів, — 725—730 нм [3].

Концентрацію білка визначали методом Лоурі [14].

Вміст хлорофілів та каротиноїдів вивчали в 96 % ацетонової витяжці без попереднього їх розділення, а концентрацію пігментів обчислювали за рівняннями Хольма—Веттштейна і виражали у мг/г сирової маси [8]. Вміст фотосинтетичних пігментів визначали спектрофотометрично на приладі “SPEKORD 200”. Виміри проводили при довжині хвилі 644 нм

(хлорофіл *a*), 662 нм (хлорофіл *b*) і 440 нм (каротиноїди).

Результати обробляли з використанням загальноприйнятих статистичних методів та коефіцієнта Стьюдента за допомогою програми Excel.

### Результати та обговорення

Виявлено стимулювання росту рослин у дослідних умовах (рис. 1), зокрема у варіанті з коричною кислотою лінійні розміри збільшувалися на 5–54 % залежно від вологості коренезростання та віку рослин, у варіанті з кумарином — на 13–34 %, у варіанті з кавовою кислотою — на 6–28%, у варіанті з хлорогеновою кислотою — на 9–34 % щодо контролю. Встановлено позитивний вплив кислот на ріст підземної частини рослин (рис. 2). У разі 20 % від ПВ не виявлено статистично значущої відмінності між варіантами досліду, проте при 40–60 % від ПВ лінійні розміри збільшувалися на 40–51% на тлі коричної кислоти, на 32–55% на тлі кумарину, на 34–52% на тлі кавової кислоти та на 39–65 % на тлі хлорогенової кислоти.

Фенольні сполуки відіграють важливу роль в адаптації рослин до стресових умов. Установлено обернено пропорційну залежність між вмістом фенолів і фотосинтетичною продуктивністю рослин, а саме: високі концентрації фенольних сполук у тканинах рослин спричиняли зменшення розмірів листків і гальмували надходження азоту [13]. Тому зниження вмісту фенолів у рослинах може бути однією із причин активування ростових процесів [11]. Експериментально встановлено значне зменшення вмісту фенольних сполук у листках рослин на ранніх стадіях онтогенезу (рис. 3). Обробка коричною кислотою зменшувала вміст флавоноїдів на 30,8–69,3 % щодо контролю, кумарином — на 92,3–96,1 %, кавовою кислотою — на 63,1–72,8 % та хлорогеновою кислотою — на 68,8–79,1 %.

Поліфункціональність фенольних сполук, зокрема їх анти- і прооксидантні властивості, свідчать про важливість внутрішньоклітинного регулювання їх метаболізму. Ймовірно, ан-



**Рис. 2.** Приріст підземної частини озимої пшениці за різних умов зволоження

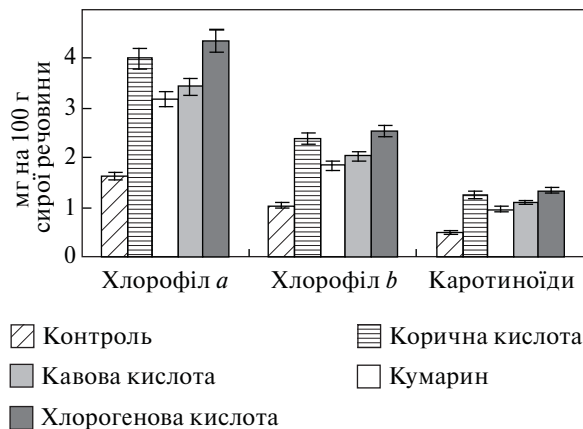
**Fig. 2.** Increase of the underground part of winter wheat under different moisture conditions



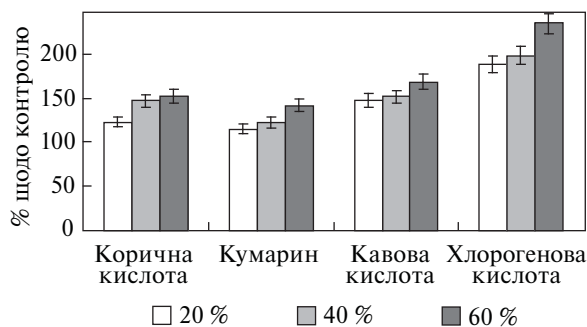
**Рис. 3.** Вміст фенольних сполук у листках озимої пшениці за різних умов зволоження

**Fig. 3.** The content of phenolic compounds in leaves of winter wheat under different moisture conditions

тиоксидантна функція фенолів реалізується на ранніх стадіях стресової відповіді, а згодом їх нагромадження у тканинах рослин гальмує ріст і фотосинтетичні процеси. Саме тому зменшення вмісту фенольних сполук доцільно розглядати як протекторний ефект [11]. Вміст фотосинтетичних пігментів у результаті водного дефіциту зменшується за рахунок пригнічення їх синтезу [13]. Нами експериментально встановлено, що вміст фотосинтетичних



**Рис. 4.** Вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці при 20 % вологості коренезростання  
**Fig. 4.** The content of photosynthetic pigments in leaves of winter wheat at 20 % soil moisture



**Рис. 5.** Вміст білків у листках озимої пшениці за різних умов зволоження  
**Fig. 5.** Protein content in leaves of winter wheat under different moisture conditions

пігментів у дослідних рослин зростає (рис. 4). У варіанті з коричневою кислотою концентрація хлорофілу *a* і *b* зростала відповідно у 2,5 та 2,3 рази щодо контролю, з кумарином — у 2,0 та 1,8 рази, з кавовою кислотою — у 2,1 та 2,0 рази, з хлорогеновою кислотою — у 2,6 та 2,5 рази. Вміст каротиноїдів також збільшувався на тлі коричневої кислоти у 2,6 рази порівняно з контролем, на тлі кумарину — у 2,0 рази, на тлі кавової кислоти — у 2,2 рази та на тлі хлорогенової кислоти — у 2,7 рази.

Протеом клітини як динамічний об'єкт знає істотного впливу посухи, реагує змінами кількості та складу білків, які можуть залуча-

тися до каскаду адаптивних реакцій і для подолання негативних наслідків дії стресового чинника [2]. Накопичення фенольних сполук у тканинах рослин спричинює значне зменшення вмісту білків в органах і тканинах [6]. Цю залежність підтверджено отриманими нами даними (рис. 5). Вміст білків у досліді був вищим на 25—55 % щодо контролю у варіанті з коричневою кислотою, на 17—44 % — у варіанті з кумарином, на 50—71 % — у варіанті з кавовою кислотою та на 92—139 % — у варіанті з хлорогеновою кислотою.

При дефіциті води в клітинах листків зростає концентрація  $H_2O_2$ , що зазвичай спричиняє розвиток оксидативної деструкції [12]. Встановлено залежність між рівнем забезпечення рослин вологою та активністю каталази — зі збільшенням вмісту води у листках рослин зменшувалась активність каталази (таблиця). У дослідних варіантах її активність була меншою незалежно від вологості коренезростання, зокрема на тлі коричневої кислоти активність каталази була меншою в 1,2—1,6 рази щодо контролю, на тлі кумарину і кавової кислоти — в 1,3—1,7 рази, на тлі хлорогенової кислоти — в 1,4—1,7 рази.

Окрім перекису водню, в результаті посухи збільшується утворення синглетного кисню, супероксиду, гідроксильних радикалів. Взаємодіючи з ліпідами мембран, активні форми кисню призводять до перекисного окиснення ліпідів [4]. Так, концентрація МДА в усіх варіантах досліді зменшувалася зі збільшенням вологості ґрунту. Вміст МДА при обробці коричневою кислотою зменшувався в 1,8—2,0 рази порівняно з контролем, при обробці кумарином — в 1,1 рази, при обробці кавовою кислотою — в 1,3—1,8 рази, при обробці хлорогеновою кислотою — в 1,1—1,2 рази, що свідчить про кращий фізіологічний стан рослин. Це підтверджено вмістом проліну у дослідних рослин, який завдяки антиоксидантним властивостям здатний послаблювати процеси перекисного окиснення. Концентрація проліну на тлі коричневої кислоти була меншою в 2,5—3,0 рази щодо контролю, на тлі кумарину — в 1,7—2,0 рази, на тлі кавової кислоти —

**Вплив обробки насіння гідроксикоричними кислотами та кумарином на життєвий стан проростків пшениці**  
**Effect of seed treatment by hydroxycinnamic acids and coumarin on vital state of wheat seedlings**

Варіант	Вологість ґрунту, %	Активність каталази, мкмоль/(хв · г) сирової речовини	Вміст МДА, ммоль/г сирової речовини	Вміст проліну, мкг/г сирової речовини
Контрольні рослини	20	20,64 ± 0,041	0,014 ± 0,0004	147,56 ± 3,98
	40	11,50 ± 0,33	0,01 ± 0,0003	120,56 ± 3,13
	60	5,80 ± 0,13	0,008 ± 0,0002	109,86 ± 2,96
Корична кислота	20	12,85 ± 0,46	0,008 ± 0,0002	58,69 ± 1,59
	40	7,89 ± 0,22	0,005 ± 0,0001	40,53 ± 1,22
	60	5,04 ± 0,17	0,004 ± 0,0001	38,76 ± 1,39
Кумарин	20	12,11 ± 0,50	0,013 ± 0,0003	87,30 ± 3,49
	40	7,12 ± 0,24	0,01 ± 0,0003	60,25 ± 1,44
	60	4,58 ± 0,11	0,0075 ± 0,0002	45,88 ± 1,10
Кавова кислота	20	12,03 ± 0,38	0,008 ± 0,0002	44,61 ± 2,15
	40	6,98 ± 0,27	0,0065 ± 0,0002	40,67 ± 1,14
	60	4,58 ± 0,11	0,006 ± 0,0002	23,33 ± 0,93
Хлорогенова кислота	20	11,87 ± 0,41	0,012 ± 0,0003	15,65 ± 0,31
	40	6,65 ± 0,15	0,009 ± 0,0002	10,76 ± 0,30
	60	4,17 ± 0,15	0,007 ± 0,0002	8,56 ± 0,24

у 3,0—4,7 разу, на тлі хлорогенової кислоти — в 9,4—12,8 разу.

**Висновки**

Таким чином, захисні реакції рослин на негативну дію посухи індукуються за участю багатьох систем клітини. Встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці гідроксикоричними кислотами та кумарином сприяла зниженню подальшого негативного впливу ґрунтової посухи на фізіологічний стан пшениці, що свідчить про внутрішньоклітинні перебудови антиоксидантної системи, та, як наслідок, про підвищення адаптації озимої пшениці до дефіциту вологи у ґрунті в ранню фазу онтогенезу.

1. Божко Л.Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур / Л. Ю. Божко; МОН України; Одес. держ. еколог. ун-т. — Одеса: Екологія, 2013. — 240 с.
2. Вплив температурних стресів на кількісні та якісні характеристики білків ріпаку *Brassica napus* var. *Oleifera* / І.В. Косаківська, Д.А. Блюма, А.Ю. Устїнова, К. Деміревська // Физиология и биохимия культ. растений. — 2011. — Т. 43, № 6. — С. 492—497.

3. Запрометов М.Н. Биохимические методы в физиологии растений / М.Н. Запрометов. — М.: Наука, 1971. — 191 с.
4. Кабашикова Л.Ф. Методы оценки физиологического состояния растений в условиях засухи / Л.Ф. Кабашикова, Н.Л. Пшибытко, Л.М. Абрамчик. — Минск: Беларус. наука, 2007. — 42 с.
5. Лялько В.І. Дослідження проблем посушливості на території України з використанням наземної та супутникової інформації / В.І. Лялько, Л.О. Єлістратова, О.А. Апостолов // Укр. журн. дистанційного зондування Землі. — 2014. — № 2. — С. 18—28.
6. Маргна У.В. Взаимосвязь метаболизма флавоноидов с первичным метаболизмом растений / У.В. Маргна // Итоги науки и техники. Сер. Биол. химия. — М.: ВИНТИ, 1990. — Вып. 33. — С. 1—176.
7. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. — М.: Агропромиздат, 1985. — 255 с.
8. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок. — К.: Наук. думка, 1976. — 336 с.
9. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ столітті / Л.В. Паламарчук, Н.В. Гнатюк, С.В. Краковська, І.П. Шедеменко, Г.О. Дюкель // Наук. пр. УкрНДГМІ. — 2010. — Вип. 259. — С. 104—120.
10. Стаценко А.П. Биохимический прогноз жаростойкости у зерновых и бобовых культур / А.П. Стаценко // Достижения науки и техники. — АПК. — 1999. — № 7. — С. 29—30.



11. Фенольні сполуки як компоненти саліцилат-індукованої адаптивної відповіді рослин пшениці на токсичну дію кадмію хлориду / М. Кобилицька, І. Бойко, Я. Кавулич, О. Терек // Біологічні Студії / *Studia Biologica*. — 2013. — Т. 7, № 2. — С. 75—82.
  12. Oxidative burst and hypoosmotic stress in tobacco cell suspensions / A. Cazalé, M. Rouet-Mayer, H. Barbier-Brygoo, Y. Mathieu, C. Laurière // *Plant Physiology*. — 1998. — Vol. 116. — P. 650—669.
  13. Photosynthetic capacity is negatively correlated with the concentration of leaf phenolic compounds across a range of different species / S. Sumbele, M.N. Fotelli, D. Nikolopoulos, G. Tooulakou, V. Liakoura, G. Liakopoulos, P. Bresta, E. Dotsika, M.A. Adams, G. Karabourniotis // *АoB PLANTS*, 2012; doi: 10.1093/aobpla/pls025.
  14. Protein measurement with the folin phenol reagent / O.H. Lowry, W.J. Rosebrough, A.D. Farr, R.U. Raucull // *J. Biol. Chem.* — 1951. — Vol. 193, N 1. — P. 265—275.
- Рекомендувала В.А. Дерев'янку  
Надійшла 30.05.2017

#### REFERENCES

1. Bozhko, L.Iu. (2013), Otsinka vplyvu ekstremalnykh yavlyshch na produktyvnist silskohospodarskykh kultur [Assessing the impact of extreme events on the productivity of crops]. Odesa: Ekolohiia, 240 p.
  2. Kosakivska, I.V., Bliuma, D.A., Ustinova, A.Iu. and Demirevska, K. (2011), Vplyv temperaturnykh stresiv na kilkisni ta yakisni kharakterystyky bilkiv ripaku *Brassica napus* var. Oleifera [The influence of temperature stress on quantitative and qualitative characteristics of proteins rape *Brassica napus* var. Oleifera]. *Fyzyolohyia y byokhymyia kult. rastenyi* [Physiology and biochemistry of cultivated plants], vol. 43, N 6, pp. 492—497.
  3. Zaprometov, M.N. (1971), Byokhymycheskye metody v fyzyolohyy rastenyi [Biochemical methods in plant physiology]. Moscow: Nauka, 191 p.
  4. Kabashnykova, L.F., Pshybutko, N.L. and Abramchyk, L.M. (2007), Metodu otsenky fyzyolohycheskoho sostoianya rastenyi v uslovyakh zasukhy [Methods of assessing the physiological state of plants under conditions of drought]. Mynsk: Belorusskaia navuka, 42 p.
  5. Lialko, V.I., Yelistratova, L.O. and Apostolov, O.A. (2014), Doslidzhennia problem posushlyvosti na terytorii Ukrainy z vykorystanniam nazemnoi ta suputnykovoï informatsii [Studies of aridity in Ukraine using ground and satellite data]. *Ukrainskyi zhurnal dys-*
  - tantsiinoho zonduvannia Zemli [Ukrainian Journal of Remote Sensing], N 2, pp. 18—28.
  6. Marhna, U.V. (1990), Vzaymosviaz metabolizma flavonoydov s pervychnym metabolizmom rastenyi [Interrelation of the metabolism of flavonoids with the primary plant metabolism]. *Ytohy nauky y tekhniky. Ser. Byol. khymyia* [The results of science and technology. Ser. Biological chemistry], N 33, pp. 1—176.
  7. Pleshkov, B.P. (1985), *Praktykum po byokhymyy rastenyi* [Workshop on plant biochemistry]. Moscow: Ahropromyzzdat, 255 p.
  8. Pochynok, Kh.N. (1976), *Metody byokhymycheskoho analiza rastenyi* [Methods of biochemical analysis of plants]. Kyiv: Naukova dumka, 336 p.
  9. Palamarchuk, L.V., Hnatiuk, N.V., Krakovska, S.V., Shedemenko, I.P. and Diukel, H.O. (2010), Sezonna zminy klimatu v Ukraini v XXI stolitti [Seasonal climate in Ukraine in the XXI century]. *Nauk. pratsi UkrNDHMI* [Science. UkrNDHMI work], vol. 259, pp. 104—120.
  10. Statsenko, A.P. (1999), Biokhimicheskiy prognoz zharostoykosti u zernovykh i bobovykh kultur [Biochemical forecast of heat resistance in grain and legume crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki. APK* [Achievements of science and technology. AIC], N 7, pp. 29—30.
  11. Kobyletska, M., Boyko, I., Kavulych, Ya. and Terek, O. (2013), Fenolni spoluky yak komponenty salitsylaty-indukovanoyi adaptivnoyi vidpovidy roslyn pshenytsi na toksychnu diyu kadmiyu khlorydu [Phenolic compounds as components of salicylate-induced adaptive response of wheat to the toxic effects of cadmium chloride]. *Biologichni Studiyi* [Studia Biologica], vol. 7, N 2, pp. 75—82.
  12. Cazalé, A., Rouet-Mayer, M., Barbier-Brygoo, H., Mathieu, Y. and Laurière, C. (1998), Oxidative burst and hypoosmotic stress in tobacco cell suspensions. *Plant Physiology*, vol. 116, pp. 650—669.
  13. Sumbele, S., Fotelli, M.N., Nikolopoulos, D., Tooulakou, G., Liakoura, V., Liakopoulos, G., Bresta, P., Dotsika, E., Adams, M.A. and Karabourniotis, G. (2012), Photosynthetic capacity is negatively correlated with the concentration of leaf phenolic compounds across a range of different species. *АoB PLANTS*, 2012; doi: 10.1093/aobpla/pls025.
  14. Lowry, O.H., Rosebrough, W.J., Farr, A.D., Raucull, R.U. (1951), Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, vol. 193, N 1, pp. 265—275.
- Recommended by V.A. Derevyanko  
Received 30.05.2017

Н.В. Росицкая

Национальный ботанический сад  
имени Н.Н. Гришко НАН Украины,  
Украина, г. Киев

ВЛИЯНИЕ ГИДРОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ  
И КУМАРИНА НА ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ  
В ЛИСТЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ  
ДЕЙСТВИИ ЗАСУХИ В РАННЮЮ ФАЗУ  
ОНТОГЕНЕЗА

**Цель работы** — исследование влияния гидроксикоричных кислот и кумарина на физиолого-биохимические процессы у растений и их роль в адаптации к засухе.

**Материал и методы.** Влияние засухи исследовали на растениях *Triticum aestivum* L. 'Полесская 90' при выращивании при 20, 40 и 60 % влажности почвы. Семена обрабатывали водным раствором гидроксикоричных кислот (коричная, кофейная и хлорогеновая кислоты) и кумарина в концентрации  $10^{-4}$  моль. Для определения жизненного состояния растений исследовали содержание малонового диальдегида (МДА), пролина, фенольных соединений, белков, фотосинтетических пигментов и активность каталазы.

**Результаты.** Выявлено стимулирование роста как надземной, так и подземной части растений в опытных условиях. Установлено значительное уменьшение содержания фенольных соединений в листьях растений на ранних стадиях онтогенеза, в частности концентрация флавоноидов уменьшалась на 30,8—96,1 % относительно контроля, содержание хлорофиллов *a* и *b* увеличивалось соответственно в 2,1—2,6 и 1,8—2,5 раза относительно контроля, концентрация каротиноидов — в 2,0—2,7 раза, содержание белков — на 17—139 %. Выявлена зависимость между уровнем обеспечения растений влагой и активностью каталазы — с увеличением содержания воды в листьях растений уменьшалась активность фермента, в частности активность каталазы была меньше в 1,2—1,7 раза относительно контроля. Концентрация МДА во всех вариантах опыта уменьшалась с увеличением влажности почвы. Содержание МДА было меньшим в 1,1—2,0 раза по сравнению с контролем, что свидетельствовало о лучшем физиологическом состоянии растений. Это подтверждено уменьшением концентрации пролина в 1,7—12,8 раза относительно контроля.

**Вывод.** Обработка семян озимой пшеницы гидроксикоричными кислотами и кумарином индуцирует адаптационные изменения в листьях, которые способствуют повышению устойчивости растений к почвенной засухе.

**Ключевые слова:** засуха, гидроксикоричные кислоты, кумарин, малоновый диальдегид, пролин, каталаза, фотосинтетические пигменты.

N.V. Rositska

M.M. Gryshko National Botanical Garden,  
National Academy of Sciences of Ukraine,  
Ukraine, Kyiv

EFFECT OF HYDROXYCINNAMIC ACIDS  
AND COUMARIN ON PROTECTIVE REACTIONS  
OF WINTER WHEAT LEAVES UNDER DROUGHT  
IN THE EARLY PHASE OF ONTOGENESIS

**Objective** — to study the effect of hydroxycinnamic acids and coumarin on physiological and biochemical processes in plants and their role in adaptation to drought.

**Material and methods.** The effect of drought was investigated on plants of *Triticum aestivum* L. 'Poliska 90' growing on 20, 40 and 60 % of soil moisture. The seeds were treated with an aqueous solution of hydroxycinnamic acids (cinnamic, caffeic and chlorogenic acids) and coumarin with a concentration of  $10^{-4}$  M. To determine the vital state of plants, the content of malonic dialdehyde (MDA), proline, phenolic compounds, proteins, photosynthetic pigments, and catalase activity were studied.

**Results.** The stimulation of plant growth in the experimental conditions of both aboveground and underground parts of plants was revealed. A significant decrease in the content of phenolic compounds in plant leaves in the early stages of ontogeny has been established. In particular, the concentration of flavonoids decreased by 30.8—96.1% relative to control, the content of chlorophyll *a* and *b* increased respectively by 2.1—2.6 times and 1.8—2.5 times, the concentration of carotenoids — in 2.0—2.7 times, the protein content — by 17—139 %. There was a direct relationship between the level of supply of plants with moisture and the activity of catalase — with increasing water content in the leaves of plants, the activity of the enzyme decreased, in particular, catalase activity was less than 1.2—1.7 times with respect to control. The concentration of MDA in all variants of the experiment decreased with the increase of the soil moisture. The MDA content decreased by 1.1—2.0 times compared to the control, which indicated the best physiological state of the plants. This is confirmed by a decrease in the concentration of proline in 1.7—12.8 times with respect to control.

**Conclusion.** The treatment of winter wheat seeds with hydroxycinnamic acids and coumarin induces adaptive changes in the leaves, which contribute to increasing the resistance of plants to soil drought.

**Key words:** drought, hydroxycinnamic acids, coumarin, malonic dialdehyde, proline, catalase, photosynthetic pigments.