

ІНДУКЦІЯ АДАПТАЦІЇ ДО ПОСУХИ У ПШЕНИЦІ АЛЕЛОПАТИЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ ДЕЯКИХ ВИДІВ РОДУ *CAMELLIA* L.

Вивчено вплив обробки насіння пшениці (*Triticum aestivum* L., сорт Дніпрянка) водними екстрактами з листків 3 видів роду *Camellia* L. на індукцію адаптації до посухи. Встановлено позитивний ефект, який залежить від концентрації екстракту та виду рослини-донора. Обробка насіння покращувала його схожість, показники росту (збільшення загальної площі поверхні листків, маси надземних органів та коренів), водного режиму (зниження водного дефіциту, підвищення вмісту води та інтенсивності транспірації в листках) і стимулювала накопичення проліну в проростках пшениці. Алелопатично активні речовини *C. sinensis* (L.) Kuntze більш ефективно сприяли адаптації рослин пшениці до посухи, ніж *C. japonica* L. та *C. sasanqua* Thunb.

Підвищення стійкості рослин до несприятливих умов навколишнього середовища — одне з найактуальніших завдань сучасної фітофізіології. Це пов'язано з глобальними кліматичними змінами, наслідком яких є збільшення частоти і тривалості посух у деяких регіонах світу, зокрема в Україні [4].

У зв'язку з цим протягом останніх десятиліть активно досліджуються природні антиоксиданти (аскорбінова та саліцилова кислоти, фітогормони, вітаміни, гумінові кислоти тощо) щодо їхньої здатності індукувати стійкість до абіотичних стресорів у рослин [7, 15, 17, 18]. Установлено, що передстресова обробка рослин екзогенними антиоксидантами або агентами окиснювального стресу, які активують ферментні системи антиоксидантного захисту, підвищує стійкість до абіотичних стресорів [15, 17, 18]. На сьогодні актуальною є розробка найбільш ефективних та найменш шкідливих для навколишнього середовища індукторів стійкості рослин. У зв'язку з цим перспективним є розробка фітопрепаратів на основі екстрактів з рослин, які характеризуються високим вмістом антиоксидантів. Отримання і застосування таких фітопре-

паратів чинить мінімальний ефект на навколишнє середовище та сільськогосподарську продукцію.

Об'єкт наших досліджень — водні екстракти з листків трьох видів роду камелія (*Camellia* L.), які мають високий вміст водорозчинних антиоксидантів, зокрема флавоноїдів (катехіну, епігалокатехіну, кемпферолу, кверцетину, кверцитрину, ізокверцитрину, рутину тощо), тіаміну, аскорбінової кислоти, фенольних та інших органічних кислот, сапонінів тощо [3, 11, 12]. Для деяких флавоноїдів (зокрема для епігалокатехіну, кверцетину), аскорбінової та фенольних кислот показано, що, окрім зменшення окисного пошкодження в умовах стресу, ці алелохімікати також впливають на сигнальні системи, які беруть участь у розвитку стрес-реакції [9, 13, 20].

Завдяки високому вмісту фізіологічно активних речовин водні екстракти з листків представників роду *Camellia* характеризуються високим алелопатичним потенціалом [10, 14], антибактеріальною, антифунгальною та інсектицидною активністю [8, 21], тому можуть бути застосовані для комплексного захисту рослин від шкідливих біотичних та абіотичних факторів середовища.

Мета дослідження — вивчити вплив алелопатично активних речовин трьох видів роду *Camellia* (*C. sasanqua* Thunb., *C. japonica* L., *C. sinensis* (L.) Kuntze), які відомі як декоративні та чайна (*C. sinensis*) культури, на індукцію адаптації до посухи у рослин пшениці.

Матеріал та методи

Алелопатично активні речовини з листків камелій екстрагували шляхом розтирання у ступці свіжозібраного подрібненого рослинного матеріалу з дистильованою водою. Отримані екстракти фільтрували, доводили до концентрації 1 та 0,3% і застосовували для замочування насіння пшениці (*Triticum aestivum* L., сорт Дніпрянка) протягом 3 год. Після цього насіння висаджували у вегетаційні посудини з піщаним субстратом та поживним розчином Гельригеля. Рослини вирощували в лабораторних умовах за температури 22–24 °C протягом 3 тиж. при двох рівнях вологості ґрунту: оптимальному — 55–60% від повної вологості (ПВ) та посушливому — 20–25% від ПВ. Відповідно застосовано два контрольні варіанти: контроль₀ — насіння замочували у дистильованій воді та висівали у субстрат з оптимальним рівнем зволоження; контроль₁ — насіння замочували у дистильованій воді та висівали у субстрат з низьким рівнем зволоження. Вологість ґрунту періодично визначали ваговим методом та підтримували на заданому рівні до кінця експерименту [1].

Схожість насіння підраховували на 3-тю, 4-ту та 5-ту добу експерименту. Наприкінці дослідження визначали показники росту (загальна площа поверхні листків, суха маса надземних частин та коренів), водного режиму (інтенсивність транспірації, вміст води, водний дефіцит у листках) та вміст проліну в надземних органах. Інтенсивність транспірації визначали методом реєстрації змін маси зрізаних транспіруючих листків за короткі проміжки часу за Івановим [5], вміст води та водний

дефіцит — ваговим методом [2]. Пролін екстрагували зі свіжозібраних листків 3%-м розчином сульфосаліцилової кислоти. Кількісний вміст визначали спектрофотометрично із застосуванням якісної реакції з нінгідриновим реактивом за методикою [6]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили методами одномірної статистики за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel.

Результати та обговорення

За умов посухи значно погіршувалися показники проростання насіння та росту проростків пшениці порівняно з рослинами, які вирощували за умов оптимального зволоження в контролі₀ (таблиця). Обробка насіння пшениці водними екстрактами з листків камелій суттєво покращувала його схожість за умов посухи. Так, не виявлено статистично значущих відмінностей у схожості між насінням, яке проростало у субстраті, зволоженому до 60% від ПВ (контроль₀), та насінням, обробленим 1% екстрактами з листків *C. japonica* та *C. sinensis*, яке проростало у субстраті, зволоженому до 25% від ПВ. Насіння, оброблене 0,3 та 1% водними екстрактами з листків *C. sasanqua*, мало вищі показники схожості, ніж необроблене насіння. Стимульований ефект екстрактів прямо пропорційно корелював з їхньою концентрацією.

Алелопатичний вплив водних екстрактів з листків *C. sinensis* та *C. sasanqua* на проростання насіння та ріст проростків тест-рослин показано в низці робіт на різних тест-об'єктах [16, 19]. Виявлено стимульований ефект *C. sasanqua* на проростання насіння 8 видів тест-рослин [19]. Це узгоджується з результатами наших експериментів. Для *C. sinensis* показано пригнічуючий вплив на проростання насіння та ріст проростків тест-рослин. Проте застосовані нами концентрації та час експозиції менші за поріг інгібування, встановлений у зазначених дослідженнях [16].

За умов посухи значно пригнічувалися ріст та розвиток надземних частин проростків пшениці, тоді як розвиток кореневої системи був дещо активнішим порівняно з контролем₀ (див. таблицю). У цілому величина співвідношення маси надземних частин та маси коренів була нижчою у варіантах з дефіцитом вологи у ґрунті. Водорозчинні алелопатично активні речовини з листків усіх досліджених видів камелій виявили чіткий стимулювальний ефект на ріст надземних органів та кореневої системи проростків. Цей ефект залежав від концентрації екстрактів більшою мірою, ніж від виду рослини-донора. Найвищий рістстимулювальний ефект виявили водорозчинні алелопатично активні речовини *C. sinensis*, дещо менший ефект — *C. japonica* та *C. sasanqua*. Проте різниця між видами-донорами була незначною, особливо це стосується впливу на ріст кореневої системи.

Відомо, що за умов посухи ріст кореневої системи прискорюється. Це є захисним пристосуванням, яке дає змогу більш ефективно поглинати вологу з субстрату. Тому стимулювання розвитку кореневої системи у проростків пшениці під впливом алелопатично активних речовин камелій свідчить про індукцію адаптивних морфологічних змін у проростків пшениці.

У стресових умовах у проростків пшениці спостерігали зневоднення тканин листків та збільшення водного дефіциту майже втричі (рис. 1). Рослини, оброблені водними екстрактами з концентрацією 1% з листків усіх досліджених видів камелій, мали значно кращі показники водного режиму, ніж у контролі₁. Водний дефіцит у листках знижувався майже вдвічі, вміст води в листках підвищувався на 12–15%, інтенсивність транспірації — на 27–45% порівняно з необробленими рослинами в умовах посухи (рис. 2). Підвищення інтенсивності транспірації може свідчити про те, що у рослин пшениці в зазначених варіантах відбувалися більш активно процеси газообміну та фотосинтезу. Це сприяло кращому росту надземних та підземних органів у рослин пшениці після обробки досліджуваними екстрактами (див. таблицю).

Одним з маркерів індукованої стійкості рослин до посухи є підвищення вмісту проліну, який сприяє утриманню води, запобігає дегідратації білків, спричиненої посухою, збільшує обводненість мембран і стабілізує їхню структуру. В умовах посухи (контроль₁) у листках проростків пшениці вміст проліну зростав у 1,8 разу порівняно з контролем₀ (рис. 3). Рослини, оброблені водними екстрактами з листків

Вплив обробки насіння пшениці водними екстрактами з листків камелій на схожість насіння (5-та доба) та показники росту проростків пшениці за умов посухи (22-та доба)

Варіант	Схожість насіння, %	Площа поверхні листків, см ²	Суха маса надземних органів, мг	Суха маса коренів, мг
Контроль ₀	84,0±2,7	10,3±0,26	21,2±0,26	14,4±0,29
Контроль ₁	66,0±2,5	6,0±0,23	15,7±0,25	15,6±0,24
<i>Camellia sasanqua</i>				
1%	93,0±2,3	9,2±0,26	18,6±0,17	16,7±0,24
0,3%	91,0±2,5	7,8±0,21	15,9±0,21	15,1±0,29
<i>Camellia japonica</i>				
1%	82,0±2,4	9,7±0,25	19,2±0,28	17,3±0,27
0,3%	80,0±2,3	8,0±0,24	18,4±0,21	15,3±0,24
<i>Camellia sinensis</i>				
1%	80,0±2,9	9,9±0,26	19,8±0,23	17,7±0,26
0,3%	73,0±2,8	9,4±0,28	18,5±0,24	15,5±0,21

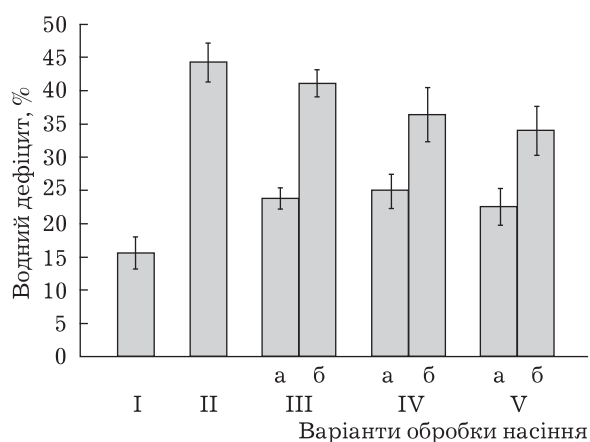


Рис. 1. Водний дефіцит у листках проростків пшениці за умов оптимального зволоження ґрунту (I) та посухи (II–V). Варіанти обробки насіння: дистильована вода (I та II), екстракти з листків *C. sasanqua* (III), *C. japonica* (IV), *C. sinensis* (V). Концентрації екстрактів — 1% (а) та 0,3% (б). Вертикальні риси — стандартна похибка

усіх досліджених видів камелій, мали значно вищий рівень проліну порівняно з рослинами в контролі. Цей ефект значною мірою залежав від концентрації та виду рослини-донора. Найвищий стимулювальний ефект на накопичення проліну мали водорозчинні алелопатично активні речовини *C. sinensis*. Так, при обробці насіння 1% водним екстрактом з листків *C. sinensis*, вміст проліну зростав у 2,7 рази порівняно з необробленими рослинами за умов посухи, дещо менший ефект спостерігали для алелопатично активних речовин *C. japonica*, найменший — *C. sasanqua*.

Висновки

Передпосівна обробка насіння пшениці водними екстрактами з листків *C. sinensis*, *C. japonica*, *C. sasanqua* сприяє індукції адаптивних реакцій до дефіциту вологи у субстраті, про що свідчить стимулювання схожості насіння, індукція морфологічних та біохімічних змін у проростків, зокрема посилення розвитку надземних органів та кореневої системи, накопичення проліну в надземних органах, покращення показни-

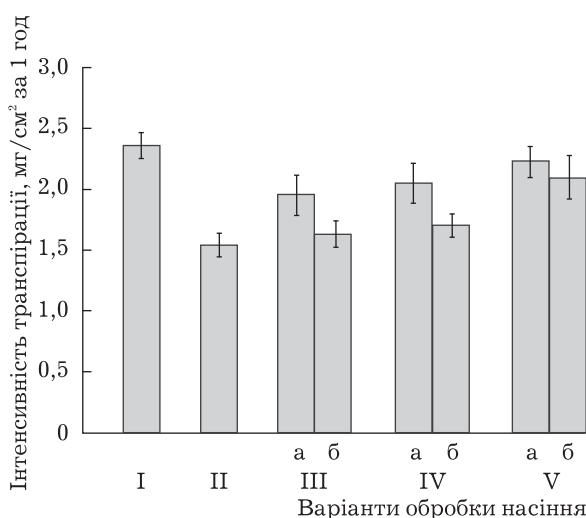


Рис. 2. Інтенсивність транспірації у листках проростків пшениці за умов оптимального зволоження ґрунту (I) та посухи (II–V). Варіанти обробки насіння: дистильована вода (I та II), екстракти з листків *C. sasanqua* (III), *C. japonica* (IV), *C. sinensis* (V). Концентрації екстрактів — 1% (а) та 0,3% (б). Вертикальні риси — стандартна похибка

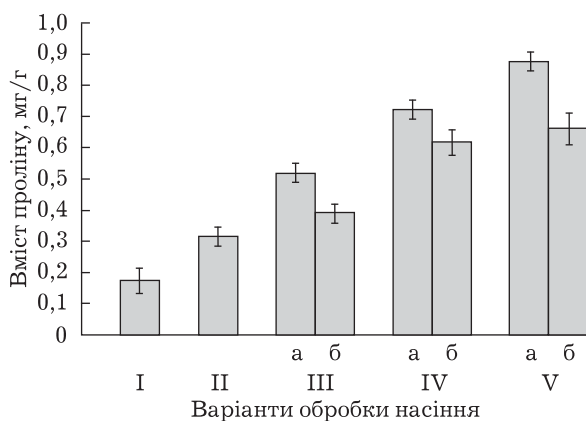


Рис. 3. Вміст проліну в надземних органах проростків пшениці в умовах оптимального зволоження ґрунту (I) та посухи (II–V). Варіанти обробки насіння: дистильована вода (I та II), екстракти з листків *C. sasanqua* (III), *C. japonica* (IV), *C. sinensis* (V). Концентрації екстрактів — 1% (а) та 0,3% (б). Вертикальні риси — стандартна похибка

ків водного режиму (зниження водного дефіциту, підвищення вмісту води та інтенсивності транспірації в листках).

Алелопатично активні речовини *C. sinensis* найбільш ефективно сприяли адаптації рослин пшениці до посухи, *C. japonica* та *C. sasanqua* — були менш ефективними.

Ми вважаємо перспективним подальше дослідження впливу водорозчинних алелопатично активних речовин *C. sinensis*, *C. japonica* та *C. sasanqua* на стійкість сільськогосподарських рослин до абіотичних та біотичних стресорів.

1. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. — Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1976. — 280 с.
2. Григорюк И.А., Ткачев В.И., Савинский С.В., Мусиенко Н.Н. Современные методы исследований и оценки засухо- и жароустойчивости растений: Метод. пособие. — К.: Наук. світ, 2003. — 139 с.
3. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник. — К.: Наук. думка, 1989. — 304 с.
4. Иващенко О.О., Иващенко О.О. Шляхи адаптації землеробства в умовах змін клімату // Зб. наук. пр. Нац. наук. центру «Інститут землеробства УААН». — К.: ВД «ЕКМО», 2008. — С. 15–21.
5. Практикум по физиологии растений / Под ред. проф. Н.Н. Третьякова. — М: ВО «Агропромиздат», 1990. — 272 с.
6. Стаценко А.П., Бутылкин Ф.А. Биохимический прогноз жаростойкости у зерновых и бобовых культур // Достижения науки и техники. АПК. — 1999. — № 7. — С. 29–30.
7. Afzal I.S., Maqsood A., Basra N., Farooq A.M. Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) // Caderno de Pesquisa série Biologia. — 2005. — 17, N 1. — P. 95–109.
8. Aladag H., Ercisli S., Yesil D.Z., et al. Antifungal activity of green tea leaves (*Camellia sinensis* L.) sampled in different harvest time // Pharmacol. Mag. — 2009. — N 5. — P. 437–440.
9. Foyer C.H., Noctor G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: A metabolic interface between stress perception and physiological responses // The Plant Cell. — 2005. — 17. — P. 1866–1875.
10. Fujii Y., Parvez S.S., Parvez M.M., et al. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method // Weed Biology and Management. — 2003. — 3, N 4. — P. 233–241.

11. Gramza A., Pawlak-Lemanska K., Korczak J., et al. Tea extracts as free radical scavengers // Pol. J. Env. Stud. — 2005. — 14, N 6. — P. 153–157.
12. Gramza-Michalowska A., Korczak J., Hes M. Purification process influence on green tea extracts' polyphenol content and antioxidant activity // Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. — 2007. — 6, N 2. — P. 41–48.
13. Gunes A., Inal M., Alpaslan N., et al. Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) // Arch. Agron. Soil Sci. — 2005. — 51. — P. 687–695.
14. Ping P., Zhi X.Q., Wu L.P., et al. Studies on the allelopathy components of tea // Southwest China J Agricult Sci. — 2009. — 22, N 1. — P. 67–70.
15. Rajasekaran L.R., Blake T.J. New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings // J. Plant Growth Regul. — 1999. — 18. — P. 175–181.
16. Rezaeinodehi A., Khangholi S., Aminidehaghi M., Kazemi H. Allelopathic potential of tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) on germination and growth of *Amaranthus retroflexus* L. and *Setaria glauca* (L.) P. Beauv // Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. — 2006. — 20. — S. 447–454.
17. Sakhabutdinova A.R., Fatkutinova D.R., Bezrukova M.V., Shakirova F.M. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants // Bulg. J. Plant. Physiol. — 2003. — 21, N 3–4. — P. 314–319.
18. Senaratna T., Touchell D., Bumm E., Sixon K. Acetyl salicylic (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean tomato plants // Plant Growth Regul. — 2000. — 30. — P. 157–161.
19. Shen Y., Bei Q., Zhang J., Zhang J., Sheng D. Studies on allelopathic effects of *camellia sasanqua* on *dichondro repens* and several plants seedlings // Seed. — 2009. — N 8. — P. 31–39.
20. Williams R.J., Spencer J.P., Rice-Evans C. Flavonoids: antioxidants or signaling molecules? // Free Radic. Biol. Med. — 2004. — 36, N 7. — P. 838–849.
21. Yam T.S., Shah S., Hamilton-Miller J.M. Microbiological activity of whole and fractionated crude extracts of tea *Camellia sinensis* and of tea components // FEMS Microbiol. Lett. — 1997. — 152. — P. 169–174.

Рекомендував до друку

П.А. Мороз

Н.П. Дидык, А.В. Закрасов, И.И. Харченко

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

ИНДУКЦИЯ АДАПТАЦИИ К ЗАСУХЕ
У ПШЕНИЦЫ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИ
АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ НЕКОТОРЫХ
ВИДОВ РОДА САМЕЛЛИА L.

Изучено влияние обработки семян пшеницы (*Triticum aestivum* L., сорт Днипрянка) водными экстрактами из листьев 3 видов рода *Camellia* (L.) на индукцию адаптации к засухе. Установлен положительный эффект, который зависел от концентрации экстракта и вида растения-донора. Обработка семян улучшала их всхожесть, показатели роста (увеличение общей площади поверхности листьев, массы надземных органов и корней), водного режима (уменьшение водного дефицита, повышение содержания воды и интенсивности транспирации в листьях) и стимулировала накопление пролина в проростках пшеницы. Аллелопатически активные вещества *C. sinensis* (L.) Kuntze более эффективно способствовали адаптации растений пшеницы к засухе, чем *C. japonica* L. и *C. sasanqua* Thunb.

N.P. Didyk, O.V. Zakrasov, I.L. Kharchenko

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

INDUCTION OF ADAPTATION
TO DROUGHT IN WHEAT
BY ALLELOCHEMICALS OF SOME SPECIES
OF CAMELLIA L. GENUS

The effect of treatment of seeds of wheat (*Triticum aestivum* L., cv. Dnipryanka) with water extracts from leaves of three species of *Camellia* L. genus on the induction of adaptation to drought has been studied. The positive effect, which depended on the concentration of extracts and species of donor plants, has been established. The treatment of seeds improved germination, growth parameters (increase in total leaf areas, biomass of shoots and roots), water balance (reduction of water deficit, water content and transpiration rate in leaves) and stimulated accumulation of proline content in wheat seedlings. Allelochemicals of *C. sinensis* (L.) Kuntze were more effective in stimulating the adaptation of wheat plants to drought than *C. japonica* L. and *C. sasanqua* Thunb.