

ЖУК І. В.

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України,
Україна, 03143, м. Київ, вул. Акад. Заболотного, 148, ORCID : 0000-0002-2496-2576, e-mail:
ivzhukvi@gmail.com

ВПЛИВ УФ С НА ТОЛЕРАНТІСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ *PISUM SATIVUM* L. ГОРОХУ ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ

Мета. Перевагами використання УФ-С для захисту рослин є нетоксичність, ефективність проти широкого спектра патогенів без ризику виникнення резистентності, низька вартість та простота застосування. Однак рослини, які необхідно опромінити УФ-С можуть бути додатково ослаблені абіотичними стресами. Тому метою наших досліджень було вивчення впливу абіотичних стресів на чутливість рослин до дії УФ-С на прикладі гороху (*Pisum sativum* L.). **Методи.** Наносили механічні пошкодження на листки гороху сорту Ароніс та підвищували рівень води для затоплення. Опромінювали рослини УФ-С дозою 10 кДж/м². Впродовж дослідів визначали вміст ендogenous перексиду водню, проводили морфометричні вимірювання росту й розвитку листків та коренів. Повторність дослідів триразова, результати оброблені статистично. **Результати.** УФ-С опромінення є потужним індуктором окисного стресу, що проявилось значним підвищенням концентрації H₂O₂ вже на 4-й день після опромінення. Найбільша амплітуда коливань перекису водню зафіксована у варіанті з комбінованим впливом (затоплення + УФ-С), з вираженим піком на 10-й день. При механічному пошкодженні листків реакція рослин виявляє складнішу і пролонговану динаміку, поєднання поранення та УФ-С демонструє найвищий рівень H₂O₂ на 7-му добу. **Висновки.** Комбінована дія механічного поранення та УФ-С стимулює потужнішу та тривалішу оксидативну відповідь порівняно з кожним фактором окремо, що свідчить про синергізм цих впливів.

Ключові слова: *Pisum sativum* L., УФ-С, перексид водню, раневий стрес, затоплення.

Історії застосування УФ для боротьби з патогенами понад 75 років, для рослин це нехімічний засіб, що може безпосередньо завдавати шкоди фітопатогенам, посилювати неспецифічний захист та контроль за хворобами сільськогосподарських рослин. Перевагами використання УФ є відсутність токсичності, наявної у хімічних

засобів захисту, ризику виникнення резистентності у шкодочинних мікроорганізмів у поєднанні з ефективністю проти широкого спектра збудників хвороб рослин, простота застосування та низька вартість. Для теплиць та комерційних розсадників при вирощуванні полуниці, базилика, троянд, винограду, розмарину, огірків УФ-лампи виявились не менш ефективними, ніж фунгіциди, зокрема, захворюваність на борошнисту росу знизилась таким чином до 95 % [1–4].

Еволюційно у рослин відсутня адаптація до УФ-С, однак досі недостатньо уваги присвячено ризикам для них від перебування під УФ-лампами [1–4]. Тим більше, що на практиці рослини, що опромінюються УФ-С, можуть бути ослаблені абіотичними стресами, отриманими до цього в процесі транспортування чи недбалого догляду. Однак неспецифічний захист рослин можна стимулювати безпечно і біотичними елісаторами, попередніми дослідженнями показано, що біотичний елісатор може стимулювати комплексний захист і до абіотичних стресів (гіпоксії та поранення) у рослин, поєднання УФ-С та біотичного елісатора також є ефективним для індукції неспецифічного імунітету рослин [5–7].

Горох посівний є класичною модельною рослиною, чутливою до УФ-С опромінення, і водночас потребує комплексного захисту від абіотичних стресів [8, 9]. Відомо, що у гороху вміст ліпідів і білків позитивно корелює із температурою та негативно — з кількістю опадів, надмірна вологість або посуха під час формування насіння гороху можуть обмежувати накопичення білка [8]. Дослідники виявили обернену залежність між вмістом білка та кількістю опадів, показано, що у *Pisum sativum* L. екологічні чинники також значно впливають на мінеральний склад, усі поживні й біоактивні сполуки гороху є взаємопов'язаними і залежними від погодних чинників [8]. Отже, умови вирощування суттєво впливають на поживний склад і, відповідно, можуть покращити якість гороху як харчового продукту, описано експеримент з розробкою рецептури со-

лоних хлібобулочних виробів (крекерів), збагачених органічним гороховим борошном з метою заохочення вирощування бобових культур у рамках сталих агросистем і задоволення зростаючого споживчого попиту на рослинні білкові альтернативи м'ясу [8].

Тому метою наших досліджень було вивчення впливу абіотичних стресів на чутливість рослин до дії УФ-С на прикладі гороху посівного (*P. sativum*).

Матеріали і методи

Горох сорту Ароніс вирощували у водній культурі впродовж 14 діб, після чого наносили механічні пошкодження на листки та підвищували рівень води для затоплення. Опромінювали рослини УФ-С дозою 10 кДж/м² лампою Philips TUV 30 W. Впродовж дослідів визначали вміст ендogenous пероксиду водню спектрофотометрично за реакцією з сульфатом титану [10]. Також проведено морфометричні вимірювання росту й розвитку листків та коренів. Повторність дослідів триразова, результати оброблені статистично.

Результати та обговорення

Проведений аналіз динаміки вмісту перекису водню (H₂O₂) у листках рослин гороху сорту Ароніс свідчить про істотні зміни в окисно-відновному балансі фотосинтезуючих тканин, індуковані стресовими чинниками (рис.). Опромінення ультрафіолетовим випромінюванням спектра С викликає різке підвищення рівня H₂O₂ на 4-й день після дії УФ-С, що демонструє стресову реакцію антиоксидантної системи. У контрольному варіанті рівень H₂O₂ в листках гороху залишається стабільним протягом усього

періоду спостереження, що вказує на відсутність виражених стресових реакцій у рослин за умов вирощування в оптимальних умовах. Комбінована дія затоплення та УФ-С спричиняє сильне коливання рівня H₂O₂ з піком на 10-й день (рис. А).

Під дією ультрафіолетового випромінювання спектра С (УФ-С) спостерігається різке підвищення концентрації H₂O₂, особливо на 4-й день після впливу. Це вказує на активацію окислативного стресу, що, ймовірно, пов'язано з інтенсифікацією утворення активних форм кисню (АФК). Комбінований вплив механічного поранення та УФ-С також спричиняє виражені коливання рівня H₂O₂ з піковим значенням на 10-й день, що свідчить про посилену або модифіковану стресову реакцію (рис. Б).

Така динаміка може бути наслідком синергійної дії двох стресових чинників, що спричиняють флуктуації в окислативному гомеостазі. Зокрема, різке зниження вмісту H₂O₂ в листках гороху сорту Ароніс на 7-й день і подальше зростання на 10-й має ознаки коливального характеру відповіді антиоксидантної системи та може бути обумовлене активізацією антиоксидантних ферментів, що утилізують надлишковий пул перексиду водню, а також процесами адаптації та відновлення (рис.). Максимальне накопичення H₂O₂ в цьому варіанті, ймовірно, відображає активне утворення АФК у відповідь на опромінення УФ-С, що може бути асоційованим з пошкодженням клітинних структур. Незначні коливання вмісту H₂O₂ у варіанті із затопленням рослин гороху сорту Ароніс, однак можуть мати наслідки для внутрішньоклітинного сигналізу, де перексид водню відіграє роль вторинного месенджера.

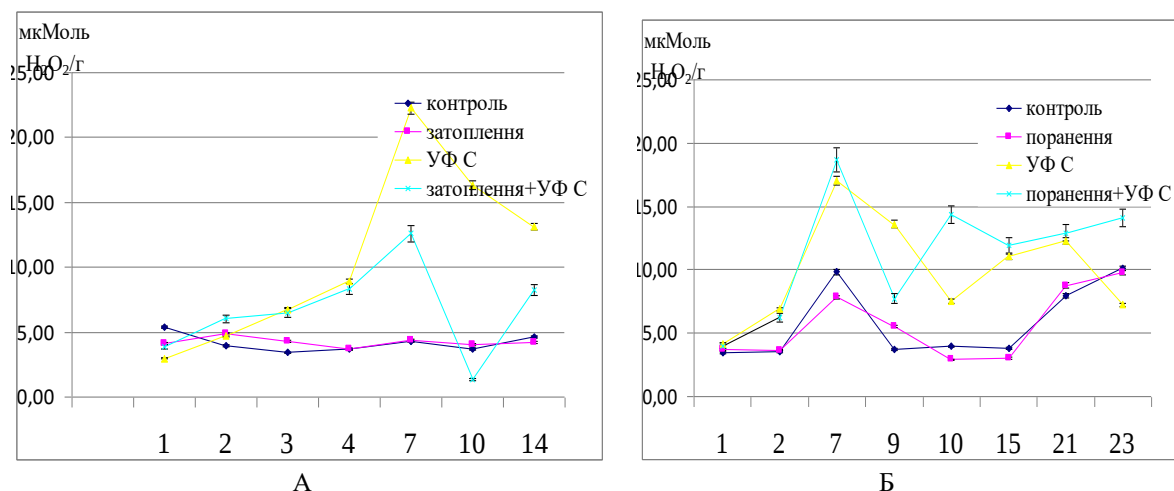


Рис. Вміст ендogenous пероксиду водню в листках гороху сорту Ароніс після впливу УФ-С, затоплення (А) та поранення (Б).

УФ-С випромінювання виступає потужним індуктором оксидативного стресу в рослинах *P. sativum*, що підтверджується значним підвищенням концентрації H_2O_2 . Механічне пошкодження посилює дію УФ-С при поєднаному застосуванні, що проявляється як на біохімічному рівні, так і на морфологічному рівні ростових процесів. Встановлено, що рослини гороху швидко відновлювали ростові процеси й регенерували фотосинтетичні тканини після механічного поранення, однак комбінація пошкоджень листків з впливом УФ-С дещо уповільнювала ці процеси.

У перші дві доби надмірне зволоження сприяло адаптивним стресовим реакціям після опромінення УФ-С. Відомо, що УФ-С спричиняє радіоліз води, тому, ймовірно, надмірне зволоження компенсує ефект від радіолізу. Радіоліз води відбувається при іонізації молекул H_2O , що призводить до утворення гідратованих вільних електронів, вільних радикалів та продуктів їх рекомбінації (OH^- , H_3O^+ , H_2 і H_2O_2). Гідроксильні радикали є надзвичайно реактивними і можуть пошкоджувати майже всі молекули в клітині. Внаслідок високого вмісту води в більшості рослинних клітин рослин значна частина ефектів, спричинених впливом іонізуючого випромінювання, може бути опосередкованою [1–4, 7, 11–15].

Однак утворення АФК також є невід'ємною частиною клітинного метаболізму, оскільки вони виникають у ланцюгах переносу електронів та як побічні продукти клітинних процесів у хлоропластах, мітохондріях, пероксисомах, апопластах, плазматичних мембранах, ендоплазматичному ретикулумі та клітинній стінці. Антиоксидантна система знешкодження АФК складається з ферментативних (аскорбатпероксидаза, каталаза, глутатіонпероксидаза, супероксиддисмутаза, тіоредоксини) і неферментативних компонентів (аскорбат, глутатіон, токоферол, каротиноїди, пролін) та функціонує в різних клітинних компартментах [1–4, 7, 11–15].

Рівень АФК регулюється балансом між їх утворенням і детоксикацією, що порушується при опроміненні. Накопичення вільних радикалів та АФК спричиняє оксидативний стрес, що веде до розривів та модифікацій основ ДНК, змін у первинній структурі білків, перекисного окиснення ліпідів. Наслідком цього руйнівного впливу на гомеостаз клітини стають неконтрольовані порушення плинності мембран, транспорту іонів, активності ферментів, синтезу білків,

їх зшивання та цілісності ДНК, що призводить до загибелі клітин. [1–4, 7, 11–15].

Наявність кисню суттєво впливає на результат радіолізу води, підвищуючи вихід окиснювальних продуктів і створюючи більш окисне, менш відновне хімічне середовище. Нестабільні радикали білків і ДНК можуть утворювати ковалентні зв'язки, що призводить до внутрішньо- або міжниткових зшивок ДНК, або зшивок між ДНК і білками (наприклад, актином, гістонами, транскрипційними факторами), що унеможливорює розділення ниток ДНК та руйнує геномну цілісність, блокує транскрипцію, реплікацію і де-стабілізує клітинний гомеостаз [1–4, 7, 11–15].

Встановлено, що затоплення зменшувало вміст пероксиду водню в листках гороху сорту Ароніс після дії УФ-С, а поранення – підвищувало. Гомеостаз антиоксидантної системи підтримується шляхом балансування активності різних ферментів, зокрема H_2O_2 знешкоджують аскорбатпероксидаза, глутатіонпероксидаза та каталаза з використанням різних реакцій детоксикації. Цей баланс ґрунтується на взаємодії між шляхами стресової відповіді, та регуляції гормональної та експресії генів [1–4, 7, 11–15].

Отже, для рослин гороху попередній абіотичний стрес (поранення та затоплення) модифікував стресову відповідь на опромінення УФ-С на антиоксидантному рівні, однак не створював при цьому суттєвих перешкод та інгібування для відновлення росту та розвитку.

Одержані результати чітко свідчать про різну інтенсивність та динаміку оксидативної відповіді рослин *P. sativum* на вплив механічного пошкодження, ультрафіолетового випромінювання спектра С (УФ-С), а також їх комбінованої дії.

Як відомо, УФ-С опромінення є потужним індуктором окисного стресу, що проявилось значним підвищенням концентрації H_2O_2 вже на 4-й день після опромінення. Найбільша амплітуда коливань перекису водню зафіксована у варіанті з комбінованим впливом (затоплення + УФ-С), з вираженим піком на 10-й день. Ця динаміка вказує на активацію захисних механізмів у відповідь на подвійний стрес (рис. А).

При механічному пошкодженні листків реакція рослин виявляє складнішу і пролонговану динаміку. УФ-С обробка викликає не лише гострий оксидативний сплеск на 7 добу, але й хвилеподібну відповідь у подальші дні, що може бути наслідком коливального характеру між продукцією АФК та активацією антиоксидантної системи. Цікаво, що поєднання поранення та УФ-С

знову демонструє найвищий рівень H_2O_2 на 7-му добу, після чого спостерігається тимчасове зниження, а далі — нове зростання до 23 доби. Це може свідчити про повторну активацію стресових шляхів або про відкладену реакцію пошкоджених тканин.

У той час як механічне поранення окремо не призводить до суттєвого окисного стресу на ранніх етапах, у тривалішій перспективі (після 15-ї доби) відбувається поступове підвищення рівня H_2O_2 , що може свідчити про затяжний характер пошкодження і пізню реакцію захисних систем.

Контрольні рослини в обох експериментах демонструють стабільно низький рівень H_2O_2 , що вказує на нормальне функціонування клітинного метаболізму за відсутності стресових впливів (рис. А).

Рослини активують складні сигнальні шляхи у відповідь на стрес, що згодом призводить до змін у клітинному транскриптомі та формує індивідуальну фізіологічну й метаболічну відповідь на конкретний стрес, а швидке утворення АФК — це сигнальна подія у цій відповіді. АФК відіграють ключову роль у розпізнаванні стресу, активації захисних мереж і формуванні механізмів захисту та стійкості [11–15]. Зокрема, H_2O_2 має найдовший період напіврозпаду й відіграє важливу роль у ранньому сигналі стресу завдяки своїм стабільним хімічним і фізичним властивостям [11]. Серед мембранних каналів є аквапорини, прикладом яких є OsPIP2;1 , що сприяє перенесенню H_2O_2 з цитоплазми в апопласт під час біотичного стресу, який пригнічує імунну відповідь, спричинену розпізнаванням патернів (PTI). Однак білки OsUBC45 і DGS1 стимулюють деградацію OsPIP2;1 , що відновлює баланс. Таким чином, вплив на перексид водню як сигнальну молекулу може активувати чи деактивувати механізми адаптивних реакцій рослин навіть за незначних кількісних змін пулу, якщо задіяний аквапориновий транспорт та рецептори мембран. Більш пізньою реакцією на стрес у рослин є накопичення неправильно згорнутих білків в ендоплазматичному ретикулумі (ER), що запускає зокрема асоційовану з ER деградацію (ERAD) та аутофагію. ERAD включає систему убіквітинування в ER та цитозольну протеасомну систему для деградації білків. Також відомо, що перексид водню впливає на гормональний статус рослин, зокрема саліцилова кислота, яка має важливу роль у адаптивних та захисних відповідях

на абіотичні та біотичні стреси, також асоційована з перексидом водню на рівні молекулярного сигналіngu [11–15].

Сучасні технології — від транскриптомного аналізу до нанотрубок — все ще залишають місце для питань щодо протеолізу у рослин та світлової регуляції. Так, підвищення ефективності використання світла рослинами, навіть за умов змінної освітленості, є сучасним напрямом досліджень, що має велике значення для забезпечення харчових потреб зростаючого населення планети, «фотомодуляція» — потужний інструмент для формування морфо-анатомічних і метаболічних характеристик рослин. Використання УФ-С для «праймінгу» — підготовки рослин до стресу без шкоди для розвитку має перспективи для агротехнологій з багатофакторного захисту врожаю. Ультрафіолетове випромінювання дедалі частіше вивчається як засіб стимуляції захисту рослин від біотичних і абіотичних стресів. Хоча безпосередній вплив УФ-С обмежений, попереднє опромінення покращило водоутримання та пом'якшило метаболічні порушення, спричинені посухою [11–15].

Транскриптомний аналіз у *Arabidopsis* показав, що транскрипційні фактори та регулятори беруть участь у механізмах і шляхах, пов'язаних з відповіддю на УФ-С імпульсне опромінення, що сприяє посиленню імунітету та стійкості до абіотичного стресу [14]. Однак ці результати не підтвердили гіпотезу про перевагу імпульсного УФ-С опромінення над 60-секундними експозиціями для стимуляції захисних механізмів рослин, хоча імпульсне опромінення продемонструвало скоординовану експресію численних родин генів, залучених до різноманітних біологічних процесів, включаючи клітинний цикл, репарацію та реплікацію ДНК, транскрипційну та посттранскрипційну регуляцію, функції мітохондрій і хлоропластів, цілісність клітинної стінки та мембран, а також модифікації білків. Експресія цих родин генів не зазнала змін під впливом 60-секундного опромінення [14].

Реакції рослин на ці два типи обробки принципово відрізнялись. Хоча між імпульсним та традиційним опроміненням спостерігались деякі спільні реакції, під дією імпульсного опромінення в рослинах відбуваються глибші зміни, зокрема перебудова енергетичних потоків, активація механізмів клітинного захисту, забезпечення цілісності клітинної стінки та підвищення експресії генів, пов'язаних з окисативним стресом і епігенетичними процесами. Крім того, специфі-

чні реакції на імпульсне опромінення були зафіксовані в патернах експресії певних генів. Наприклад, кілька генів, експресія яких змінювалася під впливом імпульсного опромінення і які раніше вважалися такими, що впливають на ріст пилкової трубки, беруть участь у захисній відповіді при впливі стресових факторів навколишнього середовища [14].

Навпаки, традиційне УФ-С опромінення чинить пряміший вплив на захисні реакції рослин. Імпульсне опромінення викликає унікальні ефекти, зокрема підвищення експресії генів запрограмованої клітинної смерті (PCD), зупинку клітинного циклу та репарацію ДНК, що вказує на потенційно посилені захисні можливості. Однак цей потенціал є менш прямим, ніж той, що спостерігається при традиційних опроміненнях. Підвищена експресія генів білків теплового шоку (HSP) свідчить про те, що імпульсне опромінення має ефект праймування на імунітет, потенційно стимулюючи термотолерантність та стійкість до інших абіотичних стресів. Цей тип опромінення активує мітохондрії, хлоропласти та ядро для реалізації цих ефектів [14].

УФ-промені викликали стрес або пригнічення росту, тут виявлено покращене утримання води та стійкість до метаболічних змін. Такий ефект пояснюється явищем гормезису — позитивною реакцією на малу дозу стресу [11–15].

Висновки

Таким чином, для рослин користь від опромінення УФ-С у малих дозах для захисту перевищує можливі ризики, наявність механічних поранень листків чи гіпоксія внаслідок порушення водного балансу не є критичними, хоча і можуть впливати на адаптацію до оксидативного стресу. Комбінована дія механічного поранення та УФ-С стимулює сильнішу та тривалішу оксидативну відповідь порівняно з кожним фактором окремо, що свідчить про синергізм цих впливів. Отримані дані важливі для розуміння адаптивних механізмів стресостійкості рослин, комплексного вивчення комбінованих стресів у рослин, і можуть бути корисними при розробці агротехнічних та селекційних стратегій захисту рослин. Результати підкреслюють потенціал УФ-С як інструменту впливу на ріст та розвиток рослин, необхідність подальших досліджень щодо механізмів антиоксидантного захисту за умов комбінованих абіотичних стресів для розробки стратегій підвищення стійкості рослин. Застосування УФ-С для захисту рослин, карантинних заходів з метою збереження рослин від фітопатогенів, стимуляції неспецифічного імунітету є перспективним шляхом для екологічно безпечного вирощування рослин.

References

1. Zulkifli N. A., Izhar Khairul M. A. A., Lau H. Y., Azizi M. M. F. Advances in irradiation technology for plant disease resistance: a review. *Agricultural Reviews*. 2024. Vol. 45 (1). P. 25–34. <https://doi.org/10.18805/ag.RF-284>.
2. Pelayo D., Hernández-Pellón A., Santos G., Rumayor M., Ortiz I., Rivero M. J., Performance of high-efficiency UV-C LEDs in water disinfection: experimental, life cycle assessment, and economic analysis of different operational scenarios, *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 364. 121442. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121442>.
3. Sonntag F., Liu H., Neugart S. Nutritional and physiological effects of postharvest UV radiation on vegetables: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2023. Vol. 71 (26). P. 9951–9972. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00481>
4. Keszthelyi S., Gibicsar S., Binder A. et al. Impact of UV-C irradiation on storage pests with different ecological functions and the viability of the treated grains. *Journal of Plant Protection Research*. 2024. Vol. 64 (4). P. 384–393. <https://doi.org/10.24425/jppr.2024.152885>
5. Zhuk I. V., Shylina Ju. V., Dmitriev A. P. Effect of biotic elicitor and donor NO treatment in complex defence of wheat plants against hypoxia and wounding stress. *Factors in experimental evolution of organisms*. 2022. Vol. 30. P. 73–78. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v30.1464>. [in Ukrainian]
6. Zhuk I. V., Shylina Ju. Effect of nicotinic acid in defence of wheat plants against hypoxia under flooding stress. *Factors in experimental evolution of organisms*. 2023. Vol. 32. P. 91–95. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v32.1542> [in Ukrainian]
7. Zhuk I. V., Shylina Ju. V., Kovbasenko R. V. The induction of non-specific immunity of wheat by UV-C treatment and kojic acid as a biotic elicitor. *Factors in experimental evolution of organisms*. 2024. Vol. 34. P. 160–164. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v34.1675> [in Ukrainian]
8. Tibaldi C., Oliveira S., Dinelli G., Marotti I., Raymundo A. Nutritional features of organic peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in different Italian environments and rheological profile of pea-enriched crackers. *J. Sci. Food Agric*. 2025. Vol. 105. P. 3606–3619. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14156>.
9. Samy M. A., Ramasamy P., Chinnusamy A., Kumar V. S. B. Legumes: physiology and molecular biology of abiotic stress tolerance. Springer : Singapore, 2023. 390 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-5817-5>.
10. Chen L.-M., Kao Ch.-H. Effect of excess copper on rice leaves: evidence involvement of lipid peroxidation. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 1999. Vol. 40. P. 283–287.
11. Ang M., Saju C. Y., Porter J. M. et al. Decoding early stress signaling waves in living plants using nanosensor multiplexing. *Nat Commun*. 2024. Vol. 15. 2943 <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47082-1>.

12. Eckardt N. A., Avin-Wittenberg T., Bassham D. C. et al. The lowdown on breakdown: Open questions in plant proteolysis, *The Plant Cell*. 2024. Vol. 36 (9). P. 2931–2975. <https://doi.org/10.1093/plcell/koae193>.
13. Lauria G. C. Ceccanti, E. Lo Piccolo et al. “Metabolight”: how light spectra shape plant growth, development and metabolism. *Physiol Plant*. 2024. Vol. 176 (6). e145872024. <https://doi.org/10.1111/ppl.14587>.
14. Jazayeri S. M., Aarouf J., Urban L., Lopez-Lauri F. Comparison of the effects of UV-C light in the form of flash or continuous exposure: a transcriptomic analysis on *Arabidopsis thaliana* L. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25 (24). 13718. <https://doi.org/10.3390/ijms252413718>.
15. Pons C., Mas-Normand L., Chevallier O. et al. Priming for drought resistance: UV-C flashes triggered pipecolate accumulation and dehydration avoidance in *Capsicum chinense* Jacq. but induced no growth or metabolic costs, *Environmental and Experimental Botany*. 2024. Vol. 226. 105873. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105873>.

ZHUK I. V.

*Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, Natl. Acad. Sci. Ukraine,
Ukraine, 03143, Kyiv, acad. Zabolotnogo str., 148*

THE INFLUENCE OF UV C ON TOLERANCE OF PISUM SATIVUM L. ANTIOXIDANT SYSTEM TO ABIOTIC STRESSES

Aim. Advantages of using UV-C for plant protection include its non-toxicity, broad-spectrum antipathogen activity without risk of developing resistance, low cost, and ease of application. However, plants exposed to UV-C may be further weakened by abiotic stresses. This research is to investigate the impact of abiotic factors on plant sensitivity to UV-C, using pea (*Pisum sativum* L.) as a model. **Methods.** Mechanical wounding was applied to leaves of pea plants (cv. Aronis), and water levels were raised to simulate flooding. Plants were irradiated with UV-C at 10 kJ/m². Endogenous hydrogen peroxide content, as well as morphometric growth parameters of roots and leaves, were measured during the experiments. Experiments were repeated three times and analyzed statistically. **Results.** UV-C exposure induced oxidative stress, as evidenced by a marked increase in H₂O₂ levels by day 4. The highest fluctuations in H₂O₂ were recorded under combined stress (flooding + UV-C), peaking on day 10. In wounded plants, the response was more complex and prolonged, with the combination of wounding and UV-C showing the highest H₂O₂ accumulation on day 7. **Conclusions.** Combined mechanical injury and UV-C irradiation synergistically enhanced oxidative responses, exceeding the effect of either factor alone, suggesting an amplified stress signaling interaction.

Keywords: *Pisum sativum* L., UV-C, hydrogen peroxide, wounding stress, flooding.