

УДК 582.661:621.384.4

ВПЛИВ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ГЕНЕРАТИВНУ СФЕРУ І РОЗВИТОК ЕНДЕМІЧНОГО ВИДУ *GYPSOPHILA THYRAICA* A. KRASNOVA (CARYOPHYLLACEAE)**М. А. ЮЗИК**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-7367-524X>**E-mail:** yuzyk.mykola@gmail.com**О. М. ОПТАСЮК**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент,
<https://orcid.org/0000-0001-9007-2494>**E-mail:** linum@ukr.net**У. І. ЛІСОВА**, магістрант, <https://orcid.org/0000-0002-8295-1963>**E-mail:** lisova.kp.u@gmail.com*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка***А. В. КЛЕПКО**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач кафедри, <https://orcid.org/0000-0002-7061-453X>**E-mail:** klepko@nubip.edu.ua*Національний університет біоресурсів і природокористування України*[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.002](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.002)

Анотація. Досліджено особливості впливу ультрафіолетового опромінення (УФ-В) на репродуктивні властивості ендемічного, реліктового, рідкісного виду *Gypsophila thyratica* A. Krasnova s. str. з метою виявлення особливостей його адаптації до умов навколишнього середовища та прогнозування подальшого відтворення. Здійснено аналіз насінневої схожості, енергії проростання насіння, особливостей розвитку проростків, фертильності і життєздатності пилку при різних експозиційних варіантах УФ-опромінення. Встановлено стимулюючу дію короткочасного УФ-В опромінення (10-20 хв.) на схожість, енергію проростання насіння і розвиток проростків. Енергія проростання насіння при експозиції 20 хв. у 2-3 рази вища в опроміненіх зразків ніж у неопроміненіх контрольних; аналіз морфометричних показників показав збільшення вдвічі довжини первинних коренів та загальних розмірів проростків у порівнянні з контрольними зразками, у яких переважали деформовані особини, із сповільненим ростом, частіше спостерігалось ураження грибковими захворюваннями. Встановлено, що у природних умовах фертильність і життєздатність пилку *G. thyratica* варіює в межах 75-85 %. Після додаткового УФ-В опромінення при малих дозах, спостерігали поступове зниження запліднюючої здатності пилку; відсоток деформованого пилку збільшувався із підвищенням експозиції опромінення, що є наслідком руйнівного впливу передусім на форму пилкових зерен. Життєздатність пилку при впливі малих доз УФ-В опромінення поступово підвищувалася (до 91,0 %), хоча кількість деформованих пилкових зерен збільшувалася. При довготривалій дії УФ-В світла (60 хв.) фертильність пилку підвищувалася, а життєздатність знижувалася.

Ключові слова: ендемічний рідкісний вид, насіння, пилок, ультрафіолетове опромінення, життєздатність, фертильність

Актуальність. Останніми десятиліттями досить актуальною стала проблема впливу іонізуючих та неіонізуючих випромінювань на біологічні об'єкти. Це зумовлено невпинним зростанням кількості радіоактивних речовин у довкіллі й підвищенням інтенсивності ультрафіолетових променів. Урахування впливу УФ-радіації на вищі рослини, які є найважливішими компонентами природних екосистем, має важливе значення для прогнозування оцінки ризиків для біотичного компонента екосистем від виснаження озонового шару (UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007); Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011); Semenov A. O., Burhu Yu. H., Kozhushko H. M. (2018); Yuzyk M.A., Liubinska L.H., Optasiuk O.M., Hryhorchuk I.D. (2021); Frohnmeyer H., Staiger D.(2003)).

Зростання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання впливає на морфофізіологічні та біохімічні параметри рослинних організмів. Ці зміни залежать від біологічної структури, що аналізується, етапу онтогенезу, генотипу та умов опромінення: дози, потужності, спектрального складу. Ультрафіолетове випромінювання умовно поділяють на довгохвильове (280–380 нм, діапазони А, В) і

короткохвильове (10–280 нм, діапазон С). Короткохвильове випромінювання навіть в невеликих дозах спричиняє дуже шкідливу дію на рослини: через 10-15 хв опромінення настає повна їх загибель, що викликається денатурацією білків і порушенням функцій цитоплазми клітин. Наслідком збільшення впливу довгохвильового опромінення є зміни репродуктивної функції рослин, пошкодження ДНК, білків і мембран, зміни метаболізму, транспірації, фотосинтезу, розвитку і морфогенезу, транспорту речовин і дихання, а також сигнальний і регуляторний вплив через фоторецепцію і гормональну регуляцію, результатом чого є прискорення квітування і формування генеративних органів (Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022)).

Збереження видового різноманіття можливе при використанні різних напрямків охорони і відтворення. Природна раритетність видів зумовлена різними причинами: історичними (реліктовість), географічними (ендемізм, диз'юнктивно-ареальність, пограничноареальність), флорогенетичними (палеоендемізм, неоендемізм), біоморфологічними (послаблене насінневе або

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

вегетативне поновлення, низька схожість насіння), екологічними (стенотопність), ценотичними (низька конкурентоспроможність особин виду). Більшість ендемічних та реліктових видів потребують детального вивчення і охорони, оскільки є неповторними складовими флори, яка постійно перебуває під антропогенним навантаженням і не можуть уникнути радіоактивного впливу (Zaverukha B. V. (1985); Krytska L. I. (1998); Moroz O. M. (2002); Chervona knyha Ukrainy (2009)).

Одним з таких видів є *Gypsophila thyratica* A. Krasnova s. str. – багаторічна трав'яниста рослина, подільська ендемічна раса збірного комплексу *Gypsophila altissima* s.l., реліктовий, рідкісний вид, занесений до Червоної книги України (Chervona knyha Ukrainy (2009)). Рослини мають тривалий життєвий цикл (до 25-30 років), поновлення відбувається повільно, майже виключно насіннєвим способом (Krytska L. I. (1998); Fedoronchuk M. M. (2006)).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Кількість інформації, доступної в науковій літературі, обмежена і не дає чіткого уявлення про вплив УФ опромінення як екологічного стресора на біологію запилення. Аналіз наукових праць (UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007); Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011); Semenov A. O., Burhu Yu. H.,

Kozhushko H. M. (2018); Yuzyk M.A., Liubinska L.H., Optasiuk O.M., Hryhorchuk I.D. (2021); Frohnmeyer H., Staiger D.(2003) підтверджує, що у помірних дозах УФ опромінення має позитивну стимулюючу дію на організм: підсилює обмін речовин, викликає синтез вітаміну D, підвищує імунітет, схожість та енергію проростання насіння, покращує розвиток рослин та їх стійкість до захворювань тощо. Інформації щодо проведення подібних досліджень стосовно раритетних представників флори України нами не встановлено.

Мета роботи – аналіз впливу ультрафіолетового опромінення на генеративну сферу і розвиток ендемічного виду *Gypsophila thyratica* A. Krasnova (*Caryophyllaceae*).

Дослідження особливостей впливу ультрафіолетового опромінювання на схожість насіння, фертильність і життєздатність пилових зерен (далі по тексту - п.з.) є перспективним напрямком виявлення адаптації до умов навколишнього середовища та прогнозування подальшого відтворення виду.

Матеріали і методи дослідження. Збір матеріалу в природних умовах проводився у 2019-2021 рр. під час експедиційних виїздів маршрутним способом. Зрілий пилок відібраний із рослин в період їхньої вегетації, насіння – за два-три місяці до початку експерименту в умовах заказника «Вербецькі Товтри»

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

(Хмельницька область). Джерелом ультрафіолетових променів була лампа UV Lamp 36, з випромінюванням в області довжини хвиль 253,7 мкм.

Опромінення пиляків відбувалося відповідно схеми досліду: варіант 1 (В. 1) – час опромінення 10 хвилин; варіант 2 (В. 2) – 20 хвилин; варіант 3 (В. 3) – 30 хвилин; варіант 4 (В. 4) – 60 хв; варіант 5 (В. 5) – контрольний, без опромінення. Якість пилку оцінювали за допомогою йодного методу Alieksieieva Т. Н. (2012) та методу прижиттєвих барвників за В.Н. Юрцевим (Alieksieieva Т. Н. (2012) із застосуванням стандартної мікроскопічної техніки (Bresser Trino Resercher). Пилкові зерна підраховували у 30 полях зору при збільшенні мікроскопу 10x10 для кожного варіанта.

Лабораторну схожість та енергію проростання визначали методом пророщування, який дозволяє визначити кількість насінин у відсотках, здатних утворювати добрі і пропорційно розвинуті, цілі, здорові або ж з незначними дефектами проростки за оптимальних умов пророщування за загальноприйнятими методиками (Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur (2011); Nasinnia silskohospodarskykh kultur (2003)). Експеримент повторювався двічі (проба 1-2). У кожній пробі

аналізувалося по 200 насінин, які розподілені по 50 шт. у чотири варіанти з різною експозицією опромінення. Сухе насіння було розкладене в один шар і опромінене ультрафіолетом на відстані 10 сантиметрів відповідно схеми досліду: варіант 1 – час опромінення 10 хвилин; варіант 2 – 20 хвилин; варіант 3 – 30 хвилин; варіант 4 – контрольний, насіння не опромінювалось. Після початку проростання, щодня, протягом двох тижнів, підраховувалась кількість нормальних та аномальних пророслих насінин, на 4-6 дні вимірювалась довжина проростків, на 4-й день обчислювалася енергія проростання насіння у відсотках до висіяної проби у кожному варіанті. Насіння вважалось пророслим, якщо мало розвинутий головний зародковий корінець, розміром не менше, ніж довжина (діаметр) насінини.

Статистичну обробку результатів дослідження здійснено за загальноприйнятими методами (Prysedskyi Yu.Н. (1999)).

Результати досліджень та їх обговорення. Відомим є факт, що чим вища якість насіння за посівними показниками, тим вища його польова схожість. Одним із сучасних напрямів передпосівної обробки насіння, переважно сільськогосподарських культур, є опромінення його ультрафіолетовими променями, що не тільки збільшує енергію проростання та лабораторну схожість насіння, а й

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

знезаражує його, при цьому підвищується польова схожість і стресостійкість.

Проведено аналіз лабораторної схожості насіння *G. thyraica* при передпосівному УФ-В опроміненні, що є кількісним показником його якості та життєздатності. Насіння з низьким відсотком схожості спричиняє зміну демографічного складу популяції (Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur (2011); Yuzyk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020)) зокрема, знижується

кількість проростків, що особливо небезпечно для раритетних видів. Також, визначено енергію проростання – здатність до швидкого і дружнього проростання насіння, що характеризує його життєвість. Встановлено, що маса 100 насінин лециці дністровської – 0,044 г.

Спостерігали п'ять фаз проростання насіння досліджуваного виду: водопоглинання; набухання (бубнявіння); ріст первинних корінців; розвиток проростка (паростка); становлення проростка (рис. 1).



Рис. 1. Етапи проростання насіння *Gypsophila thyraica* А. Кrasnova, опроміненого ультрафіолетом (5 день): 1 – водопоглинання, 2 – набухання (бубнявіння), 3 – ріст первинних корінців, 4 – розвиток проростка, 5-6 – становлення проростка і перехід до ювенільної стадії.

Проба насіння №1. Тривалість експерименту 2 тижні. Поодинокі проростання насіння почалося на третій день у 1, 2 і 4 варіантах. На четвертий день спостерігається різке

збільшення пророслих насінин у всіх варіантах, крім контрольного: у В. 1 ця кількість складає 17, у В. 2 – 18 (найбільша кількість), у В. 3 – 14 та у В. 4 – 5 проростків. На п'ятий день

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

спостерігається практично вдвічі опромінених варіантах, в порівнянні з більша кількість пророслого насіння у контрольним неопроміненим (рис. 2).

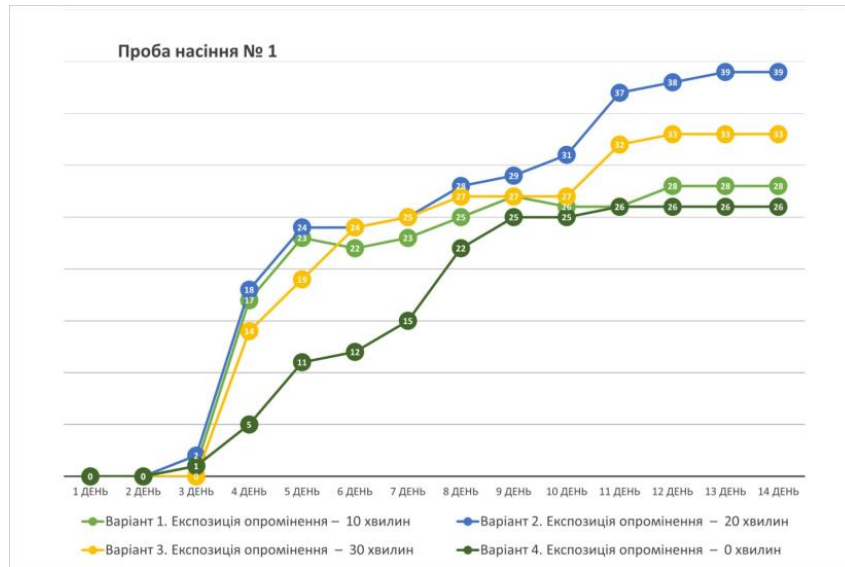


Рис. 2. Кількість пророслих насінин *Gypsophila thyratica* А. Краснова при різних експозиційних варіантах передпосівного ультрафіолетового опромінення. Проба насіння 1.

Інтенсивне проростання насіння тривало до 11 дня експерименту. Станом на 11 день найбільше пророслих насінин зафіксовано у В. 2 (37) і у В. 3 (32), а у В. 1 і В. 4 кількість проростків зрівнялася (по 26). На 12 та 13 день особливих змін щодо проростків не спостерігається. На кінець експерименту (14 день) у 1 варіанті (експозиція 10 хв.) проросло 56 % насінин, у 2 варіанті (експозиція 20 хв.) – 78 %, у 3 варіанті (експозиція 30 хв.) – 66 %, у контрольному, неопроміненому – 52 %.

Енергія проростання насіння у досліджуваній пробі визначалася на 4 день і становила у В. 1 – 34 % (17 нормальних проростків); В. 2 – 36 % (18 проростків); В. 3 – 28 % (14 проростків); В. 4 – 10 % (5

проростків). Висока енергія проростання (В. 1, 2) свідчить про те, що проростки будуть міцними і стійкими до несприятливих умов навколишнього середовища (Semenov А. О., Burhu Yu. H., Kozhushko H. M. (2018). Дослідженнями встановлено, що насіння з високою енергією проростання (В. 1, 2) забезпечує дружніші й рівномірніші сходи, ніж насіння з однаковою схожістю, але з низькою енергією проростання (В. 4).

Починаючи з шостого дня у всіх варіантах окремі проростки почали відділятися від насіння, перейшовши у «фазу двох листочків». Загальна кількість пророслих насінин становила у В. 1 – 22 насінини (6 проростків перейшли до стадії 2-х листочків), цей показник є

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

найбільшим за кількістю. У В. 2 проросло 24 насінини (у 2 проростків з'явилися листочки). У варіанті 3 спостерігається 24 пророслих насінин, серед яких 5, які перейшли до ювенільної фази розвитку. Відмінною є ситуація у 4 контрольному варіанті – проросло 12 насінин, лише один проросток на стадії 2-х листків, що свідчить про значно уповільнений розвиток проростків.

Проба насіння № 2. У другій пробі проростання насіння розпочалося на другий день, але тільки у 1 варіанті. Аналогічно до першої проби на четвертий день спостерігається різке збільшення пророслих насінин у всіх варіантах. Так, у першому варіанті ця кількість складає 15, у другому – 17 (найбільша кількість), у третьому – 15 та четвертому – 8 проростків (рис. 3).

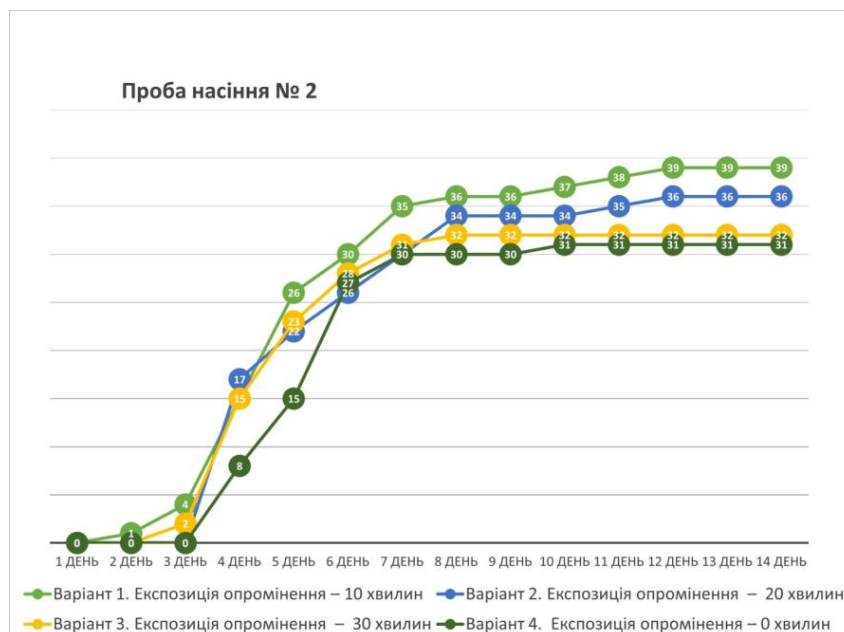


Рис. 3. Кількість пророслих насінин *Gypsophila thyratica* A. Krasnova при різних експозиційних варіантах передпосівного ультрафіолетового опромінення. Проба насіння 2.

На п'ятий день, лише у першому варіанті серед 26 проростків 3 перейшли у фазу «двох листочків». На шостий день стадію «двох листочків» зафіксовано серед пророслих насінин у всіх варіантах (В. 1 – 5 особин, В. 2 – 2, В. 3 – 1, В. 4 – 2).

Встановлено, що інтенсивне проростання насінин спостерігалось у

перший тиждень експерименту у всіх варіантах. Так, станом на восьмий день у В.1. проросло 36 насінин, з них 5 перейшло до ювенільної стадії; у В. 2. – 34 (з них 5); у В. 3 – 32 (з них 3); у В. 4 – 30 (з них 7). Надалі процес проростання різко сповільнився. На десятий день у В. 1 зафіксовано 37 пророслих насінин, з них 17 перейшли в другу стадію, у В. 2 – 34

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

(з них 16), у В. 3 – 32 (з них 14), у В. 4 – 30 (з них 18).

За результатами експерименту загальна кількість пророслих насінин у пробі 2 наступна: варіант 1 – 39 проростків (78 %), варіант 2 – 36 проростків (72 %), варіант 3 – 32 проростки (64 %), варіант 4 – 31 проросток (62%).

Енергія проростання насіння аналізувалася на 4 день і становила у варіанті 1 – 30 % (15 проростків), варіанті 2 – 34 % (17), варіанті 3 – 30 % (15), варіанті 4 – 16 % (8). Встановлено, що при передпосівному опроміненні насіння УФ протягом 20 хв., енергія проростання збільшується вдвічі у порівнянні з контрольним зразком.

Проаналізовано також довжину насінневих проростків *G. thyratica* на 4-5-6 день після УФ-випромінювання у різних експозиційних варіантах кожної з проб. За результатами аналізу кількісних параметрів проростків двох проб їхня середня довжина станом на шостий день становила у 1-4 варіантах відповідно 7,1 мм; 9,2 мм; 7,2 мм; 5,3 мм. Як бачимо, насінини, опромінені УФ-В променями (1-3 варіанти), характеризуються інтенсивнішим ростом і загальним розвитком, переважанням нормальних і практично відсутністю аномальних проростків, одиничними випадками непророслого насіння. Кількісні показники розвитку узгоджуються із результатами визначення

лабораторної схожості та енергії проростання насіння і свідчать про фотостимуляцію насіння *G. thyratica* при опроміненні УФ-В за експозиції 20 хв.

Насіння, опромінене УФ-В, не лише переважає за кількістю пророслого матеріалу, а також за його якістю (рівномірні сходи).

Отже, встановлено стимулюючу дію на схожість, енергію проростання насіння і розвиток проростків *G. thyratica* при короткочасному опроміненні ультрафіолетом протягом 10-20 хв.: насіння проростає вдвічі швидше, рівномірніше, тоді як неопромінене насіння – значно повільніше. Енергія проростання при експозиції 20 хв. у 2-3 рази вища в опроміненних зразків, в порівнянні з неопроміненними контрольними. Аналіз морфометричних показників теж показав позитивну динаміку. В опроміненних зразках збільшується довжина коренів та загальні розміри проростків (вдвічі при експозиції 20 хв у порівнянні з контрольними зразками), практично відсутні пригнічені особини, тоді як у контрольних зразків переважають деформовані проростки, ріст сповільнений, частіше спостерігалось ураження грибковими захворюваннями. Загалом, результати 1 і 2 проб є подібними і підтверджують висновок, про стимулюючу дію короткотривалого (10-20 хв) ультрафіолетового опромінення насіння.

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

Дослідження впливу УФ на генеративну сферу рослин передбачає аналіз репродуктивних функцій чоловічого гаметофіту. В ході еволюції сформувалися різноманітні механізми захисту геному чоловічого гаметофіту рослин від УФ-В радіації: археспоріальна і спорогенна тканини пиляків і насінних зачатків надійно захищені покривами з УФ-В поглинаючими властивостями; орнаментация спородерми, біополімер спорополенін, що входить до складу екзини п.з., теж виконують захисну роль, поглинаючи ультрафіолет (Гродзинський Д.М. (2007); Çetinba, s-Genç, A. et al. (2022); Chen, Z., Dong, Y. & Huang, X. (2022); Frohnmeyer H., Staiger D. (2003)). Відомо, що додаткове опромінення УФ-В може пригнічувати ріст і розвиток рослин, впливати на запилення, знижувати кількість продукованого пилку і насінневу продуктивність рослин. В процесі запилення найбільш вразливим є етап проростання пилкового зерна, коли спермії знаходяться у пилковій трубці і не захищені спородермою і покривами квітки від ультрафіолетового опромінення (Hollósy F. (2002)).

Фертильність та життєздатність п.з. є одними із основних показників адаптації рослин до умов навколишнього середовища, стійкості

до антропогенного впливу, процесів натуралізації тощо. Відсоткове співвідношення життєздатних і нежиттєздатних, фертильних і стерильних п. з. є важливою ознакою ефективності розмноження рослин у біоценозах, а отже, дає змогу спрогнозувати загалом стійкість та адаптацію до різних антропогенних чинників (Yuzyk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020); Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022)). Результати досліджень здатності пилку *G. thyratica* до запліднення показали, що під впливом дії йодного розчину, у фертильних п. з. досліджуваного виду цитоплазма і спермії набули темно-фіолетового, темно-коричневого, майже чорного кольору завдяки вмісту крохмалю, а стерильні п. з. залишилися незабарвленими або набули світло-жовтого відтінку, розподіленого нерівномірно. При визначенні життєздатності пилку *G. thyratica*, нежиттєздатні п. з. зафарбовувались у блакитний колір, часто розподілений нерівномірно, а життєздатні залишались незафарбованими, завдяки наявності активної вибіркової поглинальної здатності у протоплазми живих клітин пилку (рис. 4).

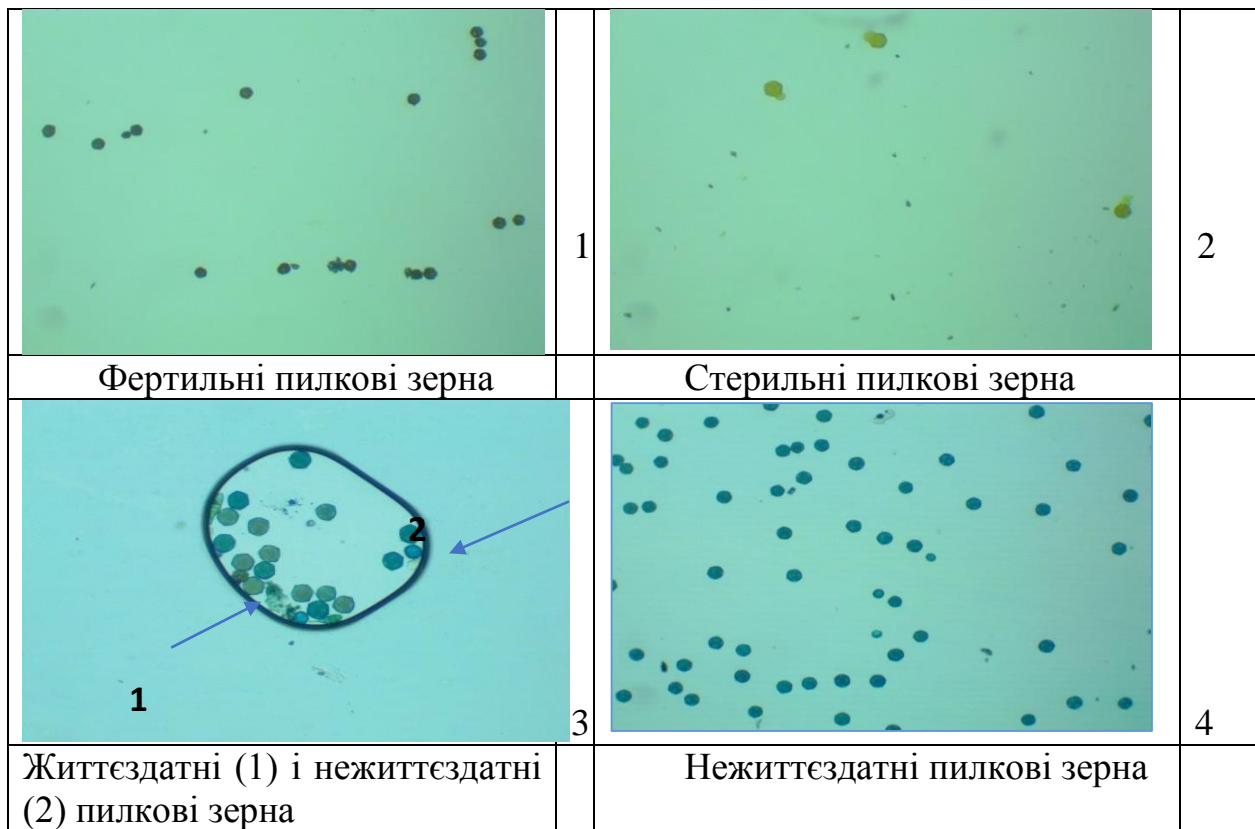


Рис. 4. Визначення фертильності (1-2) та життєздатності (3-4) пилку *Gypsophila thyratica* А. Краснова. Збільшення мікроскопу x100.

Попередні паліноморфологічні дослідження *G. thyratica*, проведені нами протягом 2019-2020 рр., виявили, що фертильність пилку *G. thyratica* у природних популяціях в період квітування рослин є високою, натомість життєздатність досить низькою (Yuzuk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020). Результати власних досліджень протягом наступних польових сезонів 2020–2022 рр. показали, що середні показники фертильності і життєздатності п.з. виду в природних умовах знаходяться приблизно на одному рівні (в межах 75-87 %). Відмінності окремих показників якості пилку спричинені, ймовірно, різними екологічними та

метеорологічними умовами у різні роки дослідження.

Після додаткового УФ-В опромінення при різних варіантах експозицій (10, 20 хв) показники фертильності пилку поступово знижувалися, що є наслідком, ймовірно, зміни процесів метаболізму в клітинах (рис. 5). Разом з тим, зафіксовано поступове підвищення кількості фертильного пилку під час довготривалого опромінення (30, 60 хв) майже до контрольного рівня. Це може бути пов'язане із інтенсифікацією процесів клітинної селекції на попередніх стадіях розвитку (UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007).

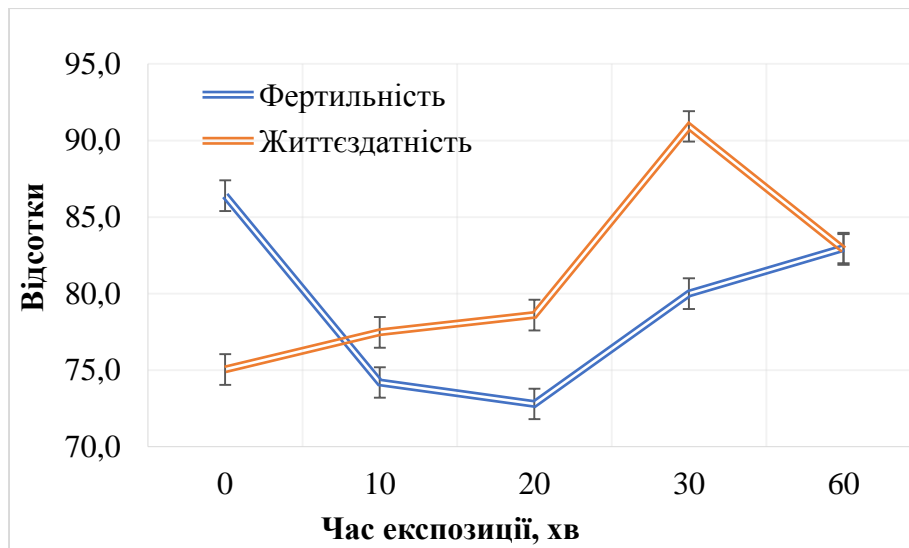


Рис. 5. Вплив додаткового УФ-В опромінення на фертильність та життєздатність пилкових зерен *Gypsophila thyratica* A. Krasnova

Деформованість п.з. виявлялася у зміні форми та порушенні цілісності екзини. При визначенні фертильності в неопроміненому контрольному варіанті деформованими є 2,7 % пилку. При опроміненні УФ-В 10, 20, 30, 60 хв частка деформованих п.з. складала відповідно 3,0 %, 4,0 %, 6,9 %, 2,9 % п.з. Як бачимо, відсоток пошкодженого пилку збільшується із підвищенням експозиції опромінення, що свідчить про руйнівний вплив малих доз передусім на форму п.з. Цікавим є факт зниження відсотка деформованості п.з. майже до рівня контрольного варіанту, при збільшенні часу експозиції УФ опромінення до 60 хв. Аналогічно знижується і відсоток стерильності п.з. при зазначеній експозиції.

Таким чином, при опроміненні пилкових зерен малими дозами УФ-В (10, 20, 30 хв) спостерігали поступове

зниження їх запліднюючої здатності. Натомість, при великих дозах опромінення (експозиція 60 хв), відмічено підвищення показників фертильності, що свідчить про ефект фотостимуляції п.з. *G. thyratica*.

Життєздатність пилку в природних умовах становила 75,0 %. При короткотривалому опроміненні УФ-В (10-20 хв.) життєздатність незначно підвищилася (відповідно 77,5 % і 78,6 %), а при більш тривалішому (30 хв.) – до 91,0 %. При довготривалій дії УФ світла протягом 60 хв знову знизилася до 83,0 % (рис. 5, табл. 1).

Під час дослідження життєздатності п.з. зафіксовано прямо пропорційне збільшення деформованості відносно експозиції опромінення. У неопроміненому зразку деформованими виявилися 2,2 % п.з. При опроміненні протягом 10, 20, 30, 60 хв кількість деформованих

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

п.з. зростала – 4,4 %, 3,7 %, 8,0 %, 14,2 % відповідно. Найбільша деформація притаманна п.з. при 30 і 60 хв. експозиції. При впливі малих доз ультрафіолетового опромінення на пилок поступово підвищувалася його життєздатність і фіксувалося збільшення кількості деформованих п.з.

У результаті статистичної обробки експериментальних даних впливу ультрафіолетового опромінення на фертильність та життєздатність пилкових зерен *G. thuraica*, було визначено наступні параметри: середнє значення (X), середньоквадратичне відхилення (S), коефіцієнт варіації (V) та дисперсія (S^2) (табл. 1).

1. Морфометричні показники впливу ультрафіолетового опромінення на фертильність та життєздатність пилкових зерен *Gypsophila thuraica* A. Krasnova

Експозиція, (хв)	Фертильність				Життєздатність			
	Середнє значення	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Дисперсія	Середнє значення	Середньоквадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Дисперсія
	X	S	V	S^2	X	S	V	S^2
0	86,4	10,2	12%	104,8	75,0	9,2	12%	84,9
10	74,2	13,5	18%	182,6	77,5	10,6	14%	113,2
20	72,8	12,9	18%	167,3	78,6	8,7	11%	76,0
30	80,0	11,7	15%	137,6	90,9	4,9	5%	23,8
60	83,0	11,3	14%	167,3	82,9	8,5	10%	72,8

Середньоквадратичне відхилення фертильності п.з. знаходиться в інтервалі від 11 % до 14 %, при цьому даний параметр для експозиції контрольного зразка має дещо менші значення 10,2 %, разом з тим середньоквадратичне відхилення життєздатності п.з. не перевищує 10,6 %, а найменше значення 4,9 % характерно для зразка з експозицією 30 хв. Також встановлено, що коефіцієнт варіації фертильності контрольного зразка є найменшим (V – 12 %), порівняно з іншими варіантами. Для життєздатності п.з.

найменш варіабельними (V – 5 %) виявилися показники для зразка з експозицією 30 хв. Найбільші розбіжності рівня дисперсії виявлені для контрольного зразка та зразка з експозицією 10 хв (табл. 1).

Висновки і перспективи. Результати проведених досліджень свідчать про пригнічувальну дію короткочасного ультрафіолетового опромінення на фертильність пилку *G. thuraica* протягом 10 і 20 хв. Ймовірно, під впливом УФ-В променів сповільнюються обмінні процеси в пилковому зерні, зростає

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

гетерогенність, що впливає на запліднюючу здатність. Загалом, збільшення стерильного пилку є реакцією чоловічого гаметофіту на підвищення рівня неіонізуючого випромінювання і спостерігається у багатьох видів рослин. При збільшенні експозиції опромінення від 30 до 60 хв спостерігалось зменшення стерильного пилку, що, ймовірно, можна пояснити стимуляцією процесів клітинної

Список використаних джерел

1. Çetinba, s-Genç, A.; Toksöz, O.; Piccini, C.; Kilin, Ö.; Sesal, N.C.; Cai, G. Effects of UV-B Radiation on the Performance, Antioxidant Response and Protective Compounds of Hazelnut Pollen. *Plants* 2022, 11, 2574. <https://doi.org/10.3390/plants11192574>
2. Chen, Z., Dong, Y. & Huang, X. Plant responses to UV-B radiation: signaling, acclimation and stress tolerance. *Stress Biology*. 2022. 2, 51. <https://doi.org/10.1007/s44154-022-00076-9>
3. Frohnmeyer H., Staiger D. Ultraviolet-B Radiation-Mediated Responses in Plants. Balancing Damage and Protection. *Plant Physiology*. 2003, Vol. 133. P. 1420–1428. <https://doi.org/10.1104/pp.103.030049>
4. Hollósy F. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*. 2002, 33. P. 179-197. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(01\)00011-7](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(01)00011-7).
5. Алексеева Т. Г. Методичні вказівки до великого спеціального практикуму. Розділ «Визначення життєздатності пилку та зародкового мішка». Одеса : ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2012. 17 с.
6. Заверуха Б. В. Флора Волино-Подолії і її генезис. К.: Наукова думка, 1985. 192 с.
7. Крицька Л. І. Ендемізм флори степів та вапнякових відслонень правобережного злакового степу. *Український ботанічний журнал*. 1998. № 4. С. 15-19.

селекції (Mikheiev O.M., Tykhenko O.M. (2011); Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022); Hollósy F. (2002)).

Проведені дослідження дозволять оцінити вплив ультрафіолетового опромінення на репродуктивну сферу рідкісних рослин; сформулювати основні перспективи розвитку реліктових та ендемічних видів та розробити практичні заходи їх охорони.

8. Міхеєв О.М., Тихенко О.М. Порівняльний аналіз впливу УФ-С та УФ-В випромінювання на рослинні об'єкти. *Вісник НАУ. Національний авіаційний університет*. 2011. № 4. С. 163.

9. Мороз О. М. Сучасний стан *locus classicus Minuartia thyratica* Klokov та *Gypsophila thyratica* Krasnova. *Еколого-біологічні дослідження на природних та антропогенно-змінених територіях* (Кривий Ріг, 13-16 травня 2002 р.). Кривий Ріг. 2002. С. 268-269.

10. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / За ред. С. М. Каленської. Навчальний посібник. Вінниця: ФОР Данилюк, 2011. 322 с.

11. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості : ДСТУ-4138-2002 [Чинний від 01-01-2004]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Державний стандарт України).

12. Оліяр Г. І. Конспект флори природного заповідника "Медобори". *Науковий вісник Тернопільського педуніверситету*. 2002, №2 (17). С. 38-54.

13. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк: Кассіопея, 1999. 210 с.

14. Семенов А. О., Бургу Ю. Г., Кожушко Г. М. Вплив ультрафіолетового випромінювання на проростання, схожість та ростові процеси насіння пшениці. *Вісник*

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 4. С. 70-74.

15. УФ-В радіація і рослини: механізми ушкодження та захисту / Д.М. Гродзинський та ін.; – Київ, 2007. 149 с.

16. Федорончук М. М. Родина *Caryophyllaceae* Juss. у флорі України: систематика, географія, історія розвитку. Київ, 2006. 42 с.

17. Червона книга України. Рослинний світ / за редакцією Я. П. Дідуха. К.: Глобалколсалтинг, 2009. 900 с.

18. Юзик М., Оптасюк О., Бобров О., Лісова У. Аналіз насінневої схожості *Gypsophila thyratica* Krasnova (*Caryophyllaceae*) під впливом ультрафіолетового випромінювання. *Природа Поділля: вивчення, проблеми збереження*", присвяченої 30-річчю природного заповідника «Медобори»: матеріали науково-практичної конференції " (Гримайлів, 20-21 серпня 2020 р.). Тернопіль: Підручники і посібники, 2020. С. 352-357.

19. Юзик М.А., Любінська Л.Г., Оптасюк О.М., Григорчук І.Д. Сучасні тенденції досліджень впливу γ-випромінювання та ультрафіолетового випромінювання на рослини. *Біологія та екологія*. Т. 7, № 1. 2021. С. 56-63. <https://doi.org/10.33989/2021.7.1.243446>

20. Юзик М.А., Оптасюк О.М., Бобров О.В., Лісова У.І. Оцінка якості пилку раритетного виду *Gypsophila thyratica* Krasnova (*Caryophyllaceae*) під впливом УФ-В випромінювання. *Сучасні проблеми урбоєкосистем*: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. (1-2 жовтня 2020 р., Кам'янець-Подільський) / за заг. ред. О.І. Любінського. Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута», 2020. С. 69-72.

References

1. Çetinba, s-Genç, A., Toksöz, O., Piccini, C., Kilin, Ö., Sesal, N.C., Cai, G. (2022). Effects of UV-B Radiation on the Performance, Antioxidant Response and Protective Compounds of Hazelnut Pollen. [Plants]. 11, 2574. <https://doi.org/10.3390/plants11192574>

2. Chen, Z., Dong, Y. & Huang, X.(2022). Plant responses to UV-B radiation:

signaling, acclimation and stress tolerance. [Stress Biology]. 2022. 2, 51. <https://doi.org/10.1007/s44154-022-00076-9>

3. Frohnmeyer H., Staiger D.(2003). Ultraviolet-B Radiation-Mediated Responses in Plants. Balancing Damage and Protection. [Plant Physiology]. Vol. 133. P.1420–1428. <https://doi.org/10.1104/pp.103.030049>

4. Hollósy F. (2002). Effects of ultraviolet radiation on plant cells. [Micron]. 33. P. 179-197. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(01\)00011-7](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(01)00011-7).

5. Aliksieieva T. H. (2012). *Metodychni vказivky do velykoho spetsialnoho praktykumu. Rozdil «Vyznachennia zhyttiezdatsnosti pylku ta zarodkovoho mishka»*. Odesa : ONU im. I. I. Mechnykova. 17

6. Zaverukha B. V. (1985). Flora Volyno-Podolyu y ee henezys. K.: Naukova dumka, 7. 192

7. Krytska L. I. (1998) Endemizm flory stepiv ta vapniakovykh vidslonen pravoberezhnoho zlakovoho stepu. [Ukrainskyi botanichnyi zhurnal]. № 4. S. 15-19.

8. Mikhieiev O.M., Tykhenko O.M. (2011). Porivnialnyi analiz vplyvu UF-S ta UF-V vyprominiuvannia na roslynni ob'iekty. Visnyk NAU. Natsionalnyi aviatsiinyi universytet. № 4. 163.

9. Moroz O. M. (2002). Suchasnyi stan locus classicus *Minuartia thyratica* Klokov ta *Gypsophila thyratica* Krasnova. Ekoloho-biologichni doslidzhennia na pryrodnykh ta antropohenno-zminenykh terytoriiakh (Kryvyi Rih, 13-16 travnia 2002 r.). Kryvyi Rih. (Ukraine). 268-269.

10. Nasinnieznavstvo ta metody vyznachennia yakosti nasinnia silskohospodarskykh kultur (2011). Navchalnyi posibnyk / Za red. S. M. Kalenskoï. Navchalnyi posibnyk. Vinnytsia: FOP Danyliuk, 322.

11. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti : DSTU-4138-2002 (2003). [Chynnyi vid 01-01-2004]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 173. (Derzhavnyi standart Ukrainy).

12. Oliiar H. I. (2002). Konspekt flory pryrodnoho zapovidnyka "Medobory". Naukovyi visnyk Ternopil'skoho peduniversytetu. №2 (17). 38-54.

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

13. Prysedskyi Yu.H. (1999) Statystychna obrobka rezultativ biolohichnykh eksperymentiv. Donetsk: Kassyopeia. 210.
14. Semenov A. O., Burhu Yu. H., Kozhushko H. M. (2018). Vplyv ultrafioletovoho vyprominiuvannia na prorostannia, skhozhist ta rostovi protsesy nasinnia pshenytsi. Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii. № 4. 70-74.
15. UF-V radiatsiia i roslyny: mekhanizmy ushkodzhennia ta zakhystu (2007). D.M. Hrodzynskiy ta in.; Kyiv, 149.
16. Fedoronchuk M. M. (2006). Rodyna Caryophyllaceae Juss. u flori Ukrainy: systematyka, heohrafiia, istoriia rozvytku. Kyiv, 42.
17. Chervona knyha Ukrainy (2009). Roslynnyi svit / za redaktsiieiu Ya. P. Didukha. K.: Hlobkolsaltynh, 900.
18. Yuzyk M., Optasiuk O., Bobrov O., Lisova U. (2020). Analiz nasinnievoi skhozhosti *Gypsophila thyraica* Krasnova (Caryophyllaceae) pid vplyvom ultrafioletovoho vyprominiuvannia. Pryroda Podillia: vyvchennia, problemy zberezhenntia", prysviachenoj 30-richchju pryrodnoho zapovidnyka «Medobory» :materialy naukovo-praktychnoi konferentsii " (Hrymailiv, 20-21 serpnia 2020 r.). Ternopil: Pidruhnyky i posibnyky, (Ukraine). 352-357.
19. Yuzyk M.A., Liubinska L.H., Optasiuk O.M., Hryhorchuk I.D. (2021). Suchasni tendentsii doslidzhen vplyvu γ -vyprominiuvannia ta ultrafioletovoho vyprominiuvannia na roslyny. [Biolohiia ta ekolohiia]. T. 7, № 1. 56-63. <https://doi.org/10.33989/2021.7.1.243446>.
20. Yuzyk M.A., Optasiuk O.M., Bobrov O.V., Lisova U.I. (2020). Otsinka yakosti pylku rarytetnoho vydu *Gypsophila thyraica* Krasnova (Caryophyllaceae) pid vplyvom UF-V vyprominiuvannia. Suchasni problemy urboekosystem: zb. materialiv mizhnar. nauk.-prakt. konf. (1-2 zhovtnia 2020 r., Kam'ianets-Podilskyi) / za zah. red. O.I. Liubynskoho. Kam'ianets-Podilskyi: TOV «Drukarnia «Ruta». 69-72.

INFLUENCE OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE GENERATIVE SPHERE AND DEVELOPMENT OF AN ENDEMIC SPECIES *GYPSOPHILA THYRAICA* A. KRASNOVA (CARYOPHYLLACEAE)

M. A. Yuzyk, O. M. Optasiuk, U. I. Lisova, A. V. Klepko

Abstract. *The peculiarities of the influence of ultraviolet radiation (UV-R) on the reproductive properties of the endemic, relict, rare species *Gypsophila thyraica* A. Krasnova s. str. with the aim of identifying the features of its adaptation to environmental conditions and predicting further reproduction. An analysis of seed germination, seed germination energy, features of seedling development, fertility and viability of pollen at different exposure options of UV irradiation was carried out. The stimulating effect of short-term UV-R irradiation (10-20 min.) on germination, energy of seed germination and seedling development was established. The energy of seed germination during exposure for 20 min. 2-3 times higher in irradiated samples than in non-irradiated controls; the analysis of morphometric indicators showed a doubling of the length of primary roots and the total size of seedlings in comparison with the control samples, in which deformed individuals prevailed, with slowed growth, fungal diseases were more often observed. It was established that under natural conditions, the fertility and viability of *G. thyraica* pollen varies between 75-85%. After additional UV-R irradiation at low doses, a gradual decrease in the fertilizing ability of pollen was observed; the percentage of deformed pollen increased with increasing exposure to radiation, which is a consequence of the destructive effect, first of all, on the shape. The viability of pollen under the influence of small doses of UV-R irradiation gradually*

Юзик М. А., Оптасюк О. М., Лісова У. І., Клепко А. В.

increased (up to 91.0%), although the number of deformed increased. With long-term exposure to UV-R light (60 min.), pollen fertility increased, and viability decreased.

Keywords: *Gypsophila thyraica*, endemic rare species, seeds, pollen, ultraviolet radiation, viability, fertility