

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Природничо-економічний факультет
Кафедра біології та методики її викладання

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістра

з теми: **«АНАЛІЗ РЕПРОДУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РІДКІСНИХ
ВИДІВ РОСЛИН ПІД ВПЛИВОМ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ»**

Виконала: студентка II курсу,
групи Біо11-М21
спеціальності 014 Середня освіта (Біологія
та здоров'я людини)
Лісова Уляна Ігорівна

Керівники:

Оптасюк О.М., к.б.н., доцент кафедри
біології та методики її викладання

Козак М.І., к.б.н., доцент кафедри біології
та методики її викладання

Рецензент:

Рубановська Н.В., к.б.н., ст.викл. кафедри
біології та методики її викладання

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
РОЗДІЛ 1. РЕАКЦІЯ РОСЛИННОГО ОРГАНІЗМУ НА ВПЛИВ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	7
1.1. Вплив ультрафіолетового випромінювання на рослини	7
1.2. Вплив ультрафіолетового випромінювання на пилок.....	10
1.3. Біологічні особливості пилку.....	12
1.4. Реакція різних видів рослин на УФ-В випромінювання.....	19
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА РІДКІСНОГО ВИДУ <i>GYPSOPHILA THYRAICA</i> А. KRASNOVA ЗА МОРФОЛОГІЧНИМИ ТА ЕКОЛОГО- ГЕОГРАФІЧНИМИ ОЗНАКАМИ.....	26
3.1. Загальний опис ознак родини <i>Caryophyllaceae</i> Juss.....	26
3.2. Особливості морфології <i>Gypsophila thyraica</i> А. Krasnova.....	29
3.3. Географічні та екологічні особливості виду <i>Gypsophila thyraica</i> А. Krasnova.....	32
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ УФ-ОПРОМІНЕННЯ РІДКІСНОГО ВИДУ <i>GYPSOPHILA THYRAICA</i> А. KRASNOVA.....	35
4.1. Життєздатність пилкових зерен <i>Gypsophila thyraica</i> А. Krasnova.....	35
4.2. Фертильність пилку <i>Gypsophila thyraica</i> А. Krasnova.....	44
4.3. Результати опромінення <i>Gypsophila thyraica</i> А. Krasnova.....	52
РОЗДІЛ 5. МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ В УЧНІВ ПОНЯТТЯ ПРО УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РОСЛИНИ.....	55
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА РІДКІСНИХ ВИДІВ У ФЛОРИ УКРАЇНИ.....	58
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Актуальність роботи. Параметри рослинних організмів, а саме біохімічні та морфофізіологічні індукуються із зростанням інтенсивності ультрафіолетового випромінювання та його впливу на процеси, що відбуваються в біосфері. Ці зміни залежать від етапів онтогенезу, біологічної структури, що аналізується, його генотипу та умов опромінення: потужності, дози, спектрального складу. Із раніше досліджуваних 300 генотипів рослин, приблизно 66 % з них є чутливими, середньочутливими – 25 % та нечутливими лише – 9 % до УФ-В радіації [67]. Разом з тим існує безліч робіт, присвячених впливу на насіннєвий матеріал фізичних факторів, які сприяють підвищенню посівних якостей, посиленню фотосинтетичної активності, виживанню та врожайності [41]. До фізичних факторів впливу на посівний матеріал можна віднести електромагнітні поля різних діапазонів, рентгенівське випромінювання [23], ультрафіолетове і оптичне випромінювання [41], інфрачервоне випромінювання [7], ультразвукова дія і дія магнітного поля [44] тощо. Відомими є дослідження, в яких вплив слабких фізичних факторів призводив до стимуляції врожайності і підвищення якості продукції [15].

Рідкісні види рослин в силу своєї реліктової природи або ендемізму, біоморфологічних, хорологічних або антропогенних причин набувають ознак рідкісних та зникаючих [18]. Природна раритетність видів зумовлена різними причинами: історичними (реліктовість), географічними (ендемізм, диз'юнктивно-ареальність, пограничноареальність), флорогенетичними (палеоендемізм, неоендемізм) [12]. Більшість ендемічних та реліктових видів зазвичай мають обмежені ареали, чисельність їх популяцій є досить незначною. Незначні відхилення в температурі, хімічному складі ґрунту, режимі зволоження чи експозиції схилу, можуть відбиватися на особливостях онтогенезу, життєздатності чи структурі популяцій одного і того ж виду рослин.

Одним з таких видів є Лещиця дністровська (*Gypsophila thyraica* A. Krasnova) – багаторічна трав'яниста рослина, подільська ендемічна раса збірного комплексу *Gypsophila altissima* s.l., вид рідкісний, реліктовий, занесений до Червоної книги України [51]. Рослини цього виду приурочені до кальципетрофітних відслонень Кам'янецького Придністров'я і мають невеликий ареал. Вид практично не розмножується вегетативно, поновлюється виключно за рахунок насіння. Оскільки потерпає від безпосереднього впливу рекреантів (витоптування) важливим є дослідження впливу зовнішніх факторів на насіннєве відтворення виду. Комплексне дослідження рідкісних видів, з'ясування причин скорочення ареалу, можливостей інтродукції тощо сприятиме розробці заходів щодо охорони та збереження рідкісного генофонду, у зв'язку з чим нами проведено дослідження аналізу життєздатності та фертильності пилкових зерен *G. thyraica* під впливом УФ-В опромінювання.

Мета роботи – аналіз репродуктивних особливостей рідкісних видів рослин під впливом ультрафіолетового випромінювання на прикладі модельного виду *Gypsophila thyraica* A. Krasnova.

Відповідно до мети були поставлені наступні **завдання**:

- ознайомитись з поняттям про УФ-випромінювання та його впливом на рослинні організми;
- охарактеризувати морфологічні та еколого-географічні особливості рідкісного виду *G. thyraica* у флорі Кам'яниччини;
- проаналізувати репродуктивні особливості (життєздатність та фертильність пилкових зерен) *Gypsophila thyraica* A. Krasnova під дією УФ-В випромінювання;
- запропонувати практичне методичне використання отриманих результатів дослідження;
- висвітлити важливість охорони рідкісних видів рослин та методи для можливості їх застосування.

Об'єктом дослідження є репродуктивні особливості – фертильність та життєздатність пилку рідкісного *G. thyratica* A. Krasnova під впливом УФ-В випромінювання.

Предмет дослідження – пилок *Gypsophila thyratica* A. Krasnova.

Методи дослідження – класичний порівняльний морфолого-географічний, порівняння, експерименту, математичний.

Наукова новизна. Вперше було проведено експеримент щодо життєздатності і фертильності пилку ендемічного рідкісного виду *G. thyratica* під впливом ультрафіолетового опромінення. Встановлено стимулюючу дію на життєздатність пилку лещиці дністровської при короткочасному опроміненні ультрафіолетом протягом 10 хв та описано негативний вплив на фертильність пилкових зерен.

Практичне значення. Проведені дослідження дозволять оцінити вплив ультрафіолетового випромінювання на репродуктивну сферу рослин; сформулювати основні перспективи розвитку рідкісних та ендемічних видів та використати практичні заходи їх охорони. Результати експерименту можна висвітлити на уроках біології у ЗЗСО, а також його проведення на позашкільних заняттях дозволить учням більше цікавитись наукою.

Апробація роботи. Результати досліджень апробовані на міжнародних науково-практичних конференціях: «Подільські читання: охорона довкілля, збереження біотичного та ландшафтного різноманіття, природнича освіта: проблеми, перспективи, рішення» (8-9 грудня 2022 р., м. Кам'янець-Подільський), «Сучасні проблеми урбоекосистем» (1-2 жовтня 2020 р., м. Кам'янець-Подільський) [35]; «Природа Поділля: вивчення, проблеми збереження», присвячена 30-річчю природного заповідника "Медобори" (21-22 травня 2020 року, смт. Гримайлів) [34].

Структура та обсяг роботи. Загальний обсяг роботи становить 76 сторінки комп'ютерного тексту, основний зміст викладено на 59 сторінках. Робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

ВИСНОВКИ

Живі організми піддаються вищому ступеню опромінення ультрафіолетовими В-променями, і загалом впливу більш жорсткої (короткохвильової) радіації. Шкідлива дія цих променів легко перевищує можливості захисту рослин від УФ-В-радіації, механізм якого сформувався у ході еволюції, та порушує нормальні біохімічні, фізіологічні та макромолекулярні процеси. Від інтенсивності, довжини хвиль та тривалості опромінення залежить характер УФ-радіації та його вплив на фізіологію рослин. У невеликих дозах ультрафіолетове випромінювання діє позитивно на організм: може викликає синтез вітаміну D, підсилює обмін речовин, підвищує імунітет. Проте, додаткове УФ-В опромінення може викликати пригнічення проростання пилку та редукцію довжини пилкових трубок у багатьох видів покритонасінних.

G. thyratica – багаторічна рослина із каудексом і товстим коренем, вкороченими неплідними пагонами, хамефіт. Пилкові зерна таксонів *Gypsophila* L. монадні, аполярні, багатопорові, округлі багатогранні, тектатні з гранульованим мікроехінатно-мікроперфорованим орнаментом. Пори кільчасті, оперкулятні. Розмір пилкових зерен (20,7-32 мкм), діаметр кришечки (1,6-6 мкм), відстань між порами (2,3-7 мкм).

При опроміненні 10 хвилинами, збільшується кількість життєздатних пилкових зерен. Проте, при довготривалому впливу (довше 20 хв) виявлено інгібуючу дію на пилкові зерна, зменшення їх життєздатних форм та істотного збільшення деформованого пилку. Також, спостерігається систематичне та поступове збільшення кількості деформованих клітин із досліду життєздатності, що забарвленні метиленовим синім, екзина пилкового зерна може руйнуватися, вміст пилкового зерна виходить назовні. Можемо зробити припущення, що під впливом УФ-В випромінювання, екзинна оболонка стає тоншою та більш вразливою до дії різних хімічних речовин. Порівнюючи кількість деформованих пилкових зерен фертильності

із кількістю їх у досліді на життєздатність, можна зробити висновок, що збільшення експозиції опромінення впливає на збільшення таких пилкових зерен.

Можна вивести певну закономірність, що чим довше досліджуваний пилок знаходився під променями УФ-В, тим більше пилових зерен ставали стерильними. У результаті виявили, що вплив ультрафіолету негативно позначається на фертильності пилових зерен, чим довше час опромінення тим більше стерильних зерен у пробах.

На предметних гуртках діти найбільш зацікавлені, це сприяє поглиблення знань та підвищує інтерес до навчального предмету. Однак, можна інтегрувати результати дослідження під час проведення уроків з предметів «Біологія» (6-9 клас) та «Біологія і екологія» (10-11 клас). Використання предметного гуртка із експериментом «Вплив УФ випромінювання на рослини» підвищує зацікавленість учнів, у порівнянні із звичайним уроком біології.

Організація охорони біорізноманіття рідкісних і зникаючих видів рослин не повинна обмежуватися складанням списків колекційних рослин. Потрібно проводити систематичне дослідження місцезростання рідкісних видів. Під час проведення експериментальних досліджень важливим методом збереження біорізноманіття є інтродукція. Не менш важливим є висадження пророслих насінин або пилку у ґрунт природозаповідних територій або у ботанічні сади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алєєксєєва Т. Г. Методичні вказівки до великого спеціального практикуму. Розділ «Визначення життєздатності пилку та зародкового мішка» / Т. Г. Алєєксєєва. – Одеса : Одеський національний університет, 2012. – 18 с.
2. Біотехнологія рослин : [навчальний посібник] / Т.М.Сатарова, О.Є.Абраїмова, А.І.Вінніков, А.В.Черенков. – Дніпропетровськ : Адверта, 2016. – 136 с.
3. Гасинець, Я. С. Ембріологія *Crataegus corallina* Hort. [Текст] / Я. С. Гасинець // Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Біологія; збірник наукових праць / редкол.: В.І. Ніколайчук (гол. ред.), В.Г. Рошко, В.О. Чумак та ін. – Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2008. – Вип. 22. – С. 27-31.
4. Грицай Н.Б. Методика позакласної роботи з біології. Дистанційний курс : навч. посіб. – Рівне: Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука, 2010. – 164 с.
5. Гродзинський Д.М. УФ-В радіація і рослини: механізми ушкодження та захисту / Д.М. Гродзинський, О.П. Дмитрієв, М.І. Гуца, О.Д. Коломієць, О.А. Кравець, Н.М. Рашидов. – Київ, 2007. – 149 с.
6. Грубська Л. В., Гудков І. М., Клепко А. В., Андрейченко С. В. Кінетичні особливості утворення та росту пилкових трубок *Nicotiana glauca* in vitro після дії іонізуючої радіації в різних дозах // Вісник проблем біології і медицини, №4 (147) – 2018. С. 103 - 106.
7. Дмитрієв О.П. УФ-В радіація і рослини / О.П. Дмитрієв., С.О. Поляковський // Вісник Харківського національного аграрного університету. – 2007. – Вип. 1(10). – С. 7–23.
8. Заверуха Б. В. Флора Волино-Подолії и ее генезис / Б.В. Заверуха. – К.: Наукова думка, 1985. – 192 с.

9. Заїменко Н.В. Наукові принципи структурно-функціонального конструювання штучних біогеоценозів (у системі: ґрунт-рослина-ґрунт): Автореф. дис. ... докт. біол. наук. - Дніпропетровськ, 2001. - 36 с.
10. Костенко А. Мережа заповідних об'єктів на Заході України / А. Костенко, Л. Петрова, П. Третяк // Праці наук. т-ва ім. Т. Шевченка. – 1999. – Т. III. – С. 262–273.
11. Кривохижа М. В., Рашидов Н. М., О. Вплив іонізуючого та ультрафіолетового випромінювання на цвітіння рослин *Arabidopsis thaliana*. – 2019.
12. Крицька Л. І. Ендемізм флори степів та вапнякових відслонень правобережного злакового степу / Л.І. Крицька // Укр. ботан. журн. – 1998. – 45, №4. – С. 15-19.
13. Кучер І.М., Галаган О.К. Рідкісні та зникаючі види гідрофільної флори Північного Поділля та їх охорона // Промышленная ботаника. — 2014. — Вип. 14. — С. 27-34. — Бібліогр.: 22 назв. — укр.
14. Михальський М. Ф., Мусатенко Л. І. Сучасні відомості про біохімічний та фітогормональний склад пилку рослин. 2011. № 3 (24). С. 90 – 98
15. Міхеєв О.М. Порівняльний аналіз впливу УФ-С та УФ-В випромінювання на рослинні об'єкти/ О.М. Міхеєв, О.М. Тихенко// Вісник НАУ. – Національний авіаційний університет. – 2011. – № 4 – С. 163.
16. 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.
17. Наумова С. Н. Spores and pollen of coal CССР. Праці XVII сесії Міжнародного геологічного конгресу. СРСР. 1937, т. 1, М., 1939
18. Новосад В. В. Фітобіота національного природного парку Подільські Товтри. Судинні рослини / В. В. Новоса., Л.І. Крицька, Л.Г. Любінська. – К.: Фітон, 2009. – 292 с.

19. Оліяр Г. І. Конспект флори природного заповідника “Медобори” / Г.І. Оліяр // Науковий вісник Тернопільського педуніверситету – 2002, №2 (17). – С. 38-54.
20. Оптасюк, С. В., Оптасюк О. М., Григорчук І. Д., Савалага Х. Д. Вплив іонізуючого випромінювання на фертильність пилкових зерен рослин. // Вісник Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія: Екологія 2, 2017. 159-171 с.
21. Приседський Ю.Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк: Кассиопея, 1999. 210 с.
22. Романова Л. С, Безусько Л. Г., Архангельський Д. Б. Еколого-фітоценотична диференціація пилку *Otites* Adans. та *Dianthus* L. (*Caryophyllaceae*) II Укр. ботан. журн.,- 1992.- Т. 49.-№6.-С . 43-46.
23. Самойлова К.А. Клеточные и молекулярные механизмы биологических эффектов УФ-излучения. – Киев : Наук. думка, 1982. – 246 с.
24. Сахно Т. В. Дослідження характеристик ультрафіолетових ламп для опромінювання насіння сільгоспкультур та особливості їх митного оформлення [Електронний ресурс] / Т. В. Сахно, А. О. Семенов. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/10163/1/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B2.pdf>.
25. Федорончук М. М. Аналіз ендемізму *Caryophyllaceae* Juss. флори України/ М. М. Федорончук// Укр. ботан. журнал. – 66, 4. – 2009. – 541 с.
26. Федорончук М. М. Родина *Caryophyllaceae* Juss. у флорі України: систематика, географія, історія розвитку / Федорончук М. М. – Київ, 2006. – 42 с.
27. Федорончук М. М., Дідух Я. П. та ін. Екофлора України. Том 3. /Відпов. ред. Я. П. Дідух. – Київ: Фітоцентр, 2002. – 496 с.

28. Флора Восточной Европы / Відп. ред. Цвелев Н. Н. – М.: СПб, 2004. – Т. 11. – 536 с.
29. Флора УРСР. – Київ: АН УРСР. – 1952. –Т. 5. – 692 с.
30. Царенко О. М. Біоморфологічні особливості проростків видів роду *Gypsophila* L. флори України // Укр. ботан. журн. – 1989. – Т. 46, №1. – С. 20-26.
31. Червона книга України. Рослинний світ / за редакцією Я. П. Дідуха – К.: Глобалколсалтинг, 2009. – 900 с.
32. Черевченко Т. М., Буюн Л.І., Ковальська Л.А. Інтродукція і збереження ex situ біорізноманіття тропічних і субтропічних рослин // Інтродукція рослин. - 2000. - № 3-4. — С. 24-30.
33. Черевченко Т. М. Роль ботанічних садів помірної зони у збереженні біорізноманіття тропікогенних флор ex situ / Т. М. Черевченко, Л. І. Буюн. // Інтродукція рослин. – 2004. – №1. – С. 3–12.
34. Юзик М., Оптасюк О., Бобров О., Лісова У. Аналіз насінневої схожості *Gypsophila thyaica* Krasnova (Caryophyllaceae) під впливом ультрафіолетового випромінювання // Матеріали науково-практичної конференції "Природа Поділля: вивчення, проблеми збереження", присвяченої 30-річчю природного заповідника «Медобори» (Гримайлів, 20-21 серпня 2020 р.). – Тернопіль: Підручники і посібники, 2020. – С. 352-357.
35. Юзик М.А., Оптасюк О.М., Бобров О.В., Лісова У.І. Оцінка якості пилку раритетного виду *Gypsophila thyaica* 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. Любинського. – Кам'янець-Подільський: ТОВ «Друкарня «Рута», 2020. – С. 69-72.
36. Atiye N. F. Palynological Study of the genus *Gypsophila* (Caryophyllaceae) in Iran [Електронний ресурс] / Nejad Falatoury Atiye // 1st national Plant Ecology, Diversity and Conservation Conference // Beheshti University-Tehran. – 2017. – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.researchgate.net/publication/313820664> Palynological Study of the genus *Gypsophila* Caryophyllaceae in Iran.

37. Barnes P.W., Jordan P.W., Gold W.G., Flint S. D., Caldwell M.M. Competition, morphology and canopy structure in wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild oat (*Avena fatua* L.) exposed to enhanced ultraviolet-B radiation // *Funct. Ecol.* – 1988. – 2. – P. 319–330.
38. Benca J. P. UV-B-induced forest sterility: Implications of ozone shield failure in Earth's largest extinction / J. P. Benca, I. P. Duijnste, C. V. Looy. // *Sci Advances.* – 2018. – №4. – C. 610-618.
39. Britt A. B. Repair of DNA damage induced by ultraviolet radiation / A. B. Britt. // *Plant Physiology.* – 1995. – №108. – C. 891–896.
40. Borisova T.A., Makarova R.V. Meshkova N.V. et al. Heat shock modifies sensitivity of melon seedlings to UV-B radiation // *Plant Under Environmental Stress / Int. Symp. K.A.Timiryazev Institute of Plant Physiology.* – Moscow, 2001. – P. 41. Chen S. How plants protect themselves from ultraviolet-B radiation stress / S. Chen, L. Hongtao. // *Plant Physiology.* – 2021. – №187. – C. 1096–1103.
42. Decreased viability and proliferation of CHANG conjunctival epithelial cells after contact with ultraviolet light-irradiated pollen / [A. Heidinger, D. F. Rabensteiner, J. Rabensteiner та ін.]. // *Cutan Ocul Toxicol.* – 2018. – №37. – C. 210–217.
43. Determining the viability response of pine pollen to atmospheric conditions during long-distance dispersal / Z.Bohrerova, G. Bohrer, K. Cho, A. M. Bolch. // *Ecological Applications.* – 2009. – №19. – C. 656–667.
44. Developmental expression of a DNA repair gene in *Arabidopsis* / S.Liang, K. Robin, B. Neil, B. Anne. // *Mutation Research/DNA Repair, University of California at Davis, USA.* – 1997. – №384. – C. 145–156.
45. Erdtman G., Introduction till palynologin. – *Natur O. ICultur, Stockholm* – 1963, 198 pp.

46. Erdtman G., Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. / G. Erdtman. – New York, London: Hafner Publishing Company, 1966 (2nd edition). – C. 539
47. Fortunati A., Tassone P., Damasso M. Neutron irradiation affects the expression of genes involved in the response to auxin, senescence and oxidative stress in Arabidopsis // *Plant Signal Behav.* 2010. Vol. 5. № 8. P. 959–967.
48. Halbritter H. Preparing living pollen material for scanning electron microscopy using 2,2-dimethoxypropane (DMP) and criticalpoint drying / H. Halbritter // *Biotechnic Histochem.* – 1998. – Vol. 73. – P. 137-143.
49. Hamzaoglu E. A new species, *Gypsophila malyerii* (Caryophyllaceae) from Turkey / E. Hamzaoglu, K. Murat, M. N. Topal. // *Kew Bull.* – 2021. – №76. – C. 531–538.
50. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding / S. L. Dwivedi, A. B. Britt, L. Tripathi, S. Sharma. // *Biotechnology Advances.* – 2015. – №33. – C. 812–829.
51. Heslop-Harrison, J. An ultrastructural study of pollen wall ontogeny in *Silene pendula*. *Grana*, 4(1), 1963. 7-24.
52. Iwarsson, M. Pollen morphology of east African Caryophyllaceae. *Grana*, 16(1), 1977. 15-22.
53. Jordan B.R. The effect of ultraviolet-B radiation on plants: a molecular perspective // *Advan. Bot. Res.* – 1996. – V. 122. – P. 97-162.
54. Koti S., Reddy K.R., Kakani V.G., Zhao D., Reddy V.R. Soybean (*Glycine max*) pollen germination characteristics, flower and pollen morphology in response to enhanced ultraviolet-B radiation // *Ann. Bot.* – 2004. – 94, № 6. – P. 855–864.
55. Mander L. A combinatorial approach to angiosperm pollen morphology / Luke Mander. // *Proc Biol Sci.* – 2016. – №283. – C. 2016–2033.
56. Manetas Y., Petropoulou Y., Stamatakis K. et al. Beneficial effects of enhanced UV-B radiation under field conditions: Improvement of needle water relations and

- survival capacity of *Pinus pinea* L. seedlings during the dry Mediterranean summer // *Plant Ecology*. – 1997. – V. 128. – P. 100-108.
57. McCormick S. *Current Biology Pollen* / Sheila McCormick. // Elsevier BV. – 2013. – №22. – C. 988–990.
58. Musil C. F. Accumulated effect of elevated ultraviolet" B radiation over multiple generations of the arid" environment annual *Dimorphotheca sinuata* DC. (Asteraceae) // *Plant, Cell Environment*. 1996. 19. P. 1017–1027.
59. Nowicke, J. W., & Skvarla, J. J. Pollen morphology and the relationship of the Plumbaginaceae, Polygonaceae, and Primulaceae to the order Centrospermae. *Smithsonian Contributions to Botany*, 1976 – №37 – c. 1-64.
60. Oberschneider W. *Pollenmorphologie der Ranunculanae*. Diplomarbeit / W. Oberschneider. – Universitd Wien, 1998. – 125 p.
61. Pfahler P. L. In vitro germination characteristics of maize pollen to detect biological activity of environmental pollutants / Pfahler. // *Environ Health Perspect*. – 1981. – №37. – C. 125–132.
62. Preuss S. B. A DNA-Damage-Induced Cell Cycle Checkpoint in Arabidopsis / S. B. Preuss, A. B. Britt. // *Genetics*. – 2003. – №164. – C. 323–334.
63. Punt W. & Hoen P.P. 1995. The Northwest European PollenFlora 56, Caryophyllaceae. *Rev. Palaeobot. Palynol.*88:83–272
64. Ross J., Tevini M. Interaction of UV-radiation and IAA during growth of seedlings and hypocotil segments of sunflower // *J. Plant Physiol*. – 1995. - V. 146. - P. 295-302.
65. Santos I., Almejda J.M., Salema R. Plants of *Zea mais* L. developed under enhanced UV-B radiation. Some ultrastructural and biochemical aspects // *J. Plant Physiol*. – 1993. - V. 141. - P. 450-456.
66. Seibold H. W. Tube growth stimulation of pine pollen by low doses of irradiation. Dose rate, reproducibility and comparison between UV-light and ionizing rays / H. W. Seibold, L. Zelles, D. E. Ernst. // *Radiat Environ Biophys.* – 1979. – №16. – C. 107–115.

67. Suchar V. A. Integration and scaling of UV-B radiation effects on plants: from DNA to leaf / V. A. Suchar, R. Robberecht. // *Ecol Evolution*. – 2015. – №5. – C. 2544–2555.
68. Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors / M. M.Caldwell, J. F. Bornman, C. L. Ballaré, S. D. Flint. // *Photochem Photobiol Sci.*. – 2007. – №6. – C. 252–266.
69. The involvement of nitric oxide in ultraviolet-B-inhibited pollen germination and tube growth of *Paulownia tomentosa* in vitro / J.He, X. Bai, R. Wang, B. Cao. // *Physiol Plant.*. – 2007. – №131. – C. 273–282.
70. Ultraviolet-B Radiation (UV-B) Relieves Chilling-Light-Induced PSI Photoinhibition And Accelerates The Recovery Of CO₂ Assimilation In Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Leaves / Zi-Shan Zhang et al // *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6:34455.
71. Zhang C. Pollen sensitivity to ultraviolet-B (UV-B) suggests floral structure evolution in alpine plants / C. Zhang, Y. Yang, Y. Duan. // *Sci Rep.*. – 2014. – №4. – C. 4520.