

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Національний ботанічний сад імені М. М. Гришка
Інститут клітинної біології та генетичної інженерії

DOI: <https://doi.org/10.59647/978-617-8739-87-4/1>

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ
ТА ВИКОРИСТАННЯ АРОМАТИЧНО-ЛІКАРСЬКИХ
РОСЛИН З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ
БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК**

Київ
Видавництво Ліра-К
2025

*Затверджено до друку вченою радою Національного ботанічного саду
імені М. М. Гришка НАН України (протокол № 9 від 28 серпня 2025 р.)
та Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАНУ
(протокол № 9 від 21 жовтня 2025 р.)*

Автори:

Д. Б. Рахметов, О. Л. Андрущенко, О. П. Кравець, М. В. Кучук, С. А. Пчеловська,
Н. І. Джуренко, О. П. Паламарчук, О. В. Сокол, В. В. Жук, Р. В. Іванніков

Рецензенти :

Л.А.Котюк – д.б.н., професор, Поліський національний університет
С. В. Поспелов – д.с.-г.н., професор, Полтавський державний аграрний університет

Відповідальний редактор – чл.-кор. НАН України, професор *Рахметов Д. Б.*

С92 Сучасні технології культивування та використання ароматично-лікарських рослин з підвищеним вмістом біологічно активних сполук / Д. Б. Рахметов, О. Л. Андрущенко, О. П. Кравець та ін. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2025. – 72 с.
ISBN 978-617-8739-87-4

Висвітлено результати досліджень щодо розробки сучасних технологій умов культивування ароматично-лікарських рослин для отримання фітосировини з підвищеним вмістом біологічно активних фенольних сполук та флавоноїдів. Наведено біолого-морфологічна характеристика, продуктивність та біологічно активні сполуки перспективних лікарських рослин – ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* L.), деревію звичайного (*Achillea millefolium* L.), звіробою звичайного (*Hypericum perforatum* L.). Представлено інформацію про умови методи та об'єкти досліджень. Показано результати досліджень щодо ролі біотехнологічних методів підвищення якісних та продуктивних показників лікарських рослин. Наведено дані про рівень впливу передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини ароматично-лікарських рослин – *M. chamomilla*, *H. perforatum*. Представлено результати досліджень щодо біотехнологічних аспектів культивування *Achillea millefolium*. Показано рівень впливу передпосівного УФ-С опромінення на якість і продуктивність фітосировини *M. chamomilla*. Подано інформацію про результати використання біопрепаратів для підживлення та підвищення продуктивності лікарських рослин на прикладі *M. chamomilla*. Наведено методи, які рекомендовані для підвищення продуктивності ароматично-лікарських рослин.

Для біологів, ботаніків, екологів, фахівців з лікарського рослинництва, викладачів, аспірантів і студентів.

УДК 577.17;577.12.05, 57.086.83;576.3/.7.086.83, 573.6.086.835, 615.89

Друкується в авторській редакції.

Відповідальність за достовірність наданого для видання матеріалу автори несуть одноосібно.

Будь яке відтворення тексту без згоди авторів та видавництва забороняється.

ISBN 978-617-8739-87-4

© Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка
НАН України, 2025

© Рахметов Д. Б., Андрущенко О. Л., Кравець О. П. та ін., 2025

© Видавництво Ліра-К, 2025

**MODERN TECHNOLOGIES FOR CULTIVATION
AND USE OF AROMATIC AND MEDICINAL
PLANTS WITH A HIGH CONTENT OF
BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS**

Kyiv
Publishing Lira-K
2025

UDC 577.17;577.12.05, 57.086.83;576.3/.7.086.83, 573.6.086.835, 615.89

Reviewers:

L.A.Kotyuk – Doctor of biological sciences, Professor, Polissia National University
S. V. Pospelov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Poltava State Agrarian University

Editors-in-chief:

corresponding member of the NAS of Ukraine, Professor **Rakhmetov D.B.**

Authors

D. B. Rakhmetov, O. L. Andrushchenko, O. P. Kravets, M. V. Kuchuk, S. A. Pchelovska,
N. I. Dzhurenko, O. P. Palamarchuk, O. V. Sokol, V. V. Zhuk, R. V. Ivannikov

Modern technologies for cultivation and use of aromatic and medicinal plants with a high content of biologically active compounds /D. B. Rakhmetov, O. L. Andrushchenko, O. P. Kravets, et al. – Kyiv: Publishing Lira-K, 2025. – 72 p.
ISBN 978-617-8739-87-4

The results of research on the development of modern technologies for the cultivation of aromatic and medicinal plants to obtain phytoraw materials with an increased content of biologically active phenolic compounds and flavonoids are highlighted. The biological and morphological characteristics, productivity and biologically active compounds of promising medicinal plants – *Matricaria chamomilla* L., *Achillea millefolium* L., *Hypericum perforatum* L. are given. Information on the conditions, methods and objects of research is presented. The results of research on the role of biotechnological methods for improving the quality and productivity of medicinal plants are shown. Data on the level of influence of pre-sowing radiation exposure on the quality and productivity of phytoraw materials of aromatic and medicinal plants – *M. chamomilla*, *H. perforatum* are presented. The results of research on the biotechnological aspects of the cultivation of *Achillea millefolium* are presented. The level of influence of pre-sowing UV-C irradiation on the quality and productivity of *M. chamomilla* phytoraw materials is shown. Information is provided on the results of using biological products to nourish and increase the productivity of medicinal plants using the example of *M. chamomilla*. Recommended methods for increasing the productivity of aromatic and medicinal plants are presented.

For biologists, botanists, ecologists, specialists in medicinal plant cultivation, teachers, graduate students and students.

UDC 577.17;577.12.05, 57.086.83;576.3/.7.086.83, 573.6.086.835, 615.89

ISBN 978-617-8739-87-4

© M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of Ukraine, 2025
© Rakhmetov D. B., Andrushchenko O. L. Kravets O. P. et al., 2025
© Publishing Lira-K, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГО-МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ СПОЛУКИ ПЕРСПЕКТИВНИХ АРОМАТИЧНО-ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН (<i>Matricaria chamomilla</i> L., <i>Achillea millefolium</i> L., <i>Hypericum perforatum</i> L.)	8
РОЗДІЛ 2. УМОВИ МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
РОЗДІЛ 3. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКІСНИХ ТА ПРОДУКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ АРОМАТИЧНО- ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН	29
3.1. Вплив передпосівного радіаційного опромінення на продуктивність фітосировини ароматично-лікарських рослин (<i>M. chamomilla</i> , <i>A. millefolium</i> , <i>H. perforatum</i>)	29
3.1.1. Вплив передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини <i>Matricaria chamomilla</i> (ромашки лікарської)	29
3.1.2. Вплив передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини <i>Hypericum perforatum</i> (звіробою звичайного)	34
3.1.3. Біотехнологічні аспекти культивування <i>Achillea millefolium</i> (деревію звичайного)	41
3.2. Вплив передпосівного УФ-С опромінення на якість і продуктивність фітосировини <i>M. Chamomilla</i>	49
3.3. Використання біопрепаратів для підживлення та підвищення продуктивності лікарських рослин на прикладі <i>M. chamomilla</i>	57
3.4. Рекомендовані методи підвищення продуктивності ароматично- лікарських рослин	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	64

ВСТУП

Сучасний стан суспільства, економіки та екології пов'язаний із цілим комплексом негативних наслідків воєнних дій в Україні. Масові руйнування, міграції населення, смерті та скалічення стають причиною численних викликів, серед яких погіршення санітарно-гігієнічних умов, що є підґрунтям для розповсюдження інфекційних захворювань, велика кількість поранених серед військових та цивільних, а також депресивні розлади як наслідок хронічного стресу.

Для успішного подолання наслідків військових дій особливо актуальним стає розробка біотехнологій, що можуть стати основою для створення нових або більш вдосконалених препаратів для лікування і профілактики різних захворювань. Для виробництва медичних препаратів білкової природи використовуються генно-інженерні технології та різні біологічні системи експресії. Рослини в цій сфері почали використовувати відносно недавно, але вони вже зарекомендували себе як вигідна альтернатива бактеріям, дріжджам або клітинам ссавців. Рослини не містять патогенних для людини вірусів і пріонів, бактеріальних токсинів, не потребують для культивування застосування коштовного обладнання та складних культуральних середовищ.

Наші дослідження спрямовувалися на підвищення синтезу в лікарських рослинах цільових природних біологічно-активних сполук, зокрема й тих, що мають антидепресантні властивості. Також напрацьовувалися технології вирощування лікарських рослин – продуцентів біологічно активних сполук, які здатні суттєво скорочувати час зсідання крові, інгібувати розпад фібрину, запускають процес утворення тромбу в ранах (зокрема тих, що отримані внаслідок бойових дій), а також мають протизапальні та раногойні властивості. Одним із прикладів можливого практичного застосування таких біологічно активних речовин є просочування ними кровоспинних перев'язувальних матеріалів.

У роботі представлено результати досліджень щодо розробки сучасних біотехнологій умов культивування лікарських рослин для отримання фітосировини з підвищеним вмістом біологічно активних фенольних сполук та флавоноїдів. У

першому розділі висвітлено біолого-морфологічну характеристику, продуктивність та біологічно активні сполуки перспективних ароматично-лікарських рослин – ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* L.), деревію звичайного (*Achillea millefolium* L.), звіробою звичайного (*Hypericum perforatum* L.).

У другому розділі наведено умови методи та об'єкти досліджень.

Третій розділ присвячено результатам досліджень щодо ролі біотехнологічних методів підвищення якісних та продуктивних показників лікарських рослин. Наведено дані про рівень впливу передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини ароматично-лікарських рослин – *M. chamomilla*, *H. perforatum*. Представлено результати досліджень щодо біотехнологічних аспектів культивування *Achillea millefolium* (деревію звичайного). Показано рівень впливу передпосівного УФ-С опромінення на якість і продуктивність фітосировини *M. chamomilla*. Подано інформацію про результати використання біопрепаратів для підживлення та підвищення продуктивності лікарських рослин на прикладі *M. chamomilla*. Наведено методи, які рекомендовані для підвищення продуктивності ароматично-лікарських рослин.

У кінці рукопису подано список літератури.

Робота виконана в рамках проекту
«Синтез рекомбінантних фармацевтичних білків та підвищення
вмісту біологічно активних природних сполук в рослинах».

Розділ 2. «Розробка сучасних біотехнологій умов культивування лікарських
рослин для отримання фітосировини з підвищеним вмістом біологічно активних
фенольних сполук та флавоноїдів» за програмою «Підтримка розвитку
пріоритетних напрямів наукових досліджень».

*Колектив авторів висловлює щирі вдячність Президії
та Відділенню загальної біології НАН України
за підтримку у підготовці та виданні монографії.
Висловлюємо окрему подяку адміністрації та
членам Вченої ради НБС, рецензентам і
співробітникам за сприяння і цінні поради під час
виконання досліджень та оформлення монографії.*

РОЗДІЛ 1.

БІОЛОГО-МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ СПОЛУКИ ПЕРСПЕКТИВНИХ АРОМАТИЧНО-ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН (*Matricaria chamomilla* L., *Achillea millefolium* L., *Hypericum perforatum* L.)

Лікарські рослини – цінне джерело біологічно активних сполук. Їх використання завжди було важливою складовою життєдіяльності людини. Розвиток наукової офіційної медицини безпосередньо зв'язано з глибоким вивченням і використанням діючих речовин рослинного походження. У сучасній вітчизняній медицині використовується близько 40% лікувальних засобів рослинного походження. По окремих групах ліків ця цифра сягає 80%.

У природній флорі України лікарські властивості мають понад 1000 видів рослин. Інтродукційні ресурси лікарських рослин становлять близько 500 видів. Відомо понад 250 видів, які включені в реєстри лікарських рослин. З них широко використовуються близько 100 видів рослин.

Зважаючи на великий попит у лікарській фітосировині як джерелі біологічно активних сполук – природних кровоспинних, раногойних і речовин антидепресивної дії. Тому надзвичайно актуальним завданням є визначення оптимальних умов культивування та отримання біомаси лікарських рослин; підвищення вмісту біологічно активних фенольних сполук і флавоноїдів у рослинному матеріалі.

Ромашка лікарська (*M. chamomilla*) – одна з найпоширеніших лікарських рослин у світі, яка належить до родини айстрових (*Asteraceae*) – однорічна рослина, поширена у Європі та Азії (Miraj & Alesaeidi, 2016).

M. chamomilla має стрижневу кореневу систему та розгалужене прямостояче стебло висотою від 10 до 80 см. Листки двічі-тричі розсічені на вузькі ниткоподібні долі. Суцвіття – кошики, розташовані термінально, діаметром від 10 до 30 мм. Золотисто-жовті дискові квітки трубчасті з 5 зубчиками 1,5–2,5 мм завдовжки. Язичкові квітки білі, від 11 до 27 шт., довжиною від 6 до 11 мм, шириною 3,5 мм. Квітколоже шириною 6–8 мм. Плід

– жовтувато-коричнева ципсела з 3–5 слабо вираженими ребрами (Singh et al., 2011).

Культивування ромашки почалося близько 70 років тому, зараз вона вирощується у великих масштабах із застосуванням різних, переважно тетраплоїдних, селекційних ліній і зареєстрованих сортів здебільшого європейського генофонду, які характеризуються високою врожайністю – вмістом ефірної олії та інших цінних сполук (Albrecht & Otto, 2020; Dai et al., 2022). *M. chamomilla* традиційно використовується у медицині (El Mihyaoui et al., 2024; Kaoudoune et al., 2022; Srivastava et al., 2010).

Ефективність виробництва сировини рослин ромашки лікарської залежить від підбору та реалізації сортового потенціалу, обґрунтованої системи землеробства з урахуванням кліматичних особливостей і властивостей ґрунтів, а також інтенсивних технологій, що допомагає розкрити природний потенціал виду та збільшити продуктивність як сировини, так і синтезу цільових сполук.

Прикладом інтенсивної технології є застосування передпосівного рентгенівського опромінення насіння лікарських рослин у стимулюючих дозах для ефективного підвищення продуктивності та фармацевтичної цінності лікарської сировини. Рівень опромінення в дозах 15–20 Гр є високоефективним для окремих видів рослин. Наприклад, вміст стевіозиду, загального вмісту фенольних сполук та флавоноїдів збільшився під дією γ -опромінення калюсних культур стевії (*Stevia rebaudiana* Bertoni); вихід камптотечину зріс у 20 разів за обробки калюсних культур нотаподітеса (*Nothapodytes foetida* (Wight) Sleumer) у 20 Гр; вміст шиконінів зріс у 4 рази у суспензійних культурах горобника (*Lithospermum erythrorhizon* Siebold & Zucc). за опромінення у 16 Гр (Vardhan & Shukla, 2017). Також було показано, що рентгенівське опромінення в дозах 5–20 Гр підвищує вміст хамазулену у 2–4 рази, що підтверджено патентом України (UA 129749) (Zhuk et al., 2024).

Ряд досліджень свідчать, що збільшення вмісту біологічно активних сполук у рослинах є відповіддю на стресовий стан, спричинений аномальною дією одного або кількох чинників. За твердженням Salehi та ін. (2016), збільшення інтенсивності стресу від посухи призвело до збільшення вмісту

розчинного цукру в листках. Крім того, отримані результати показали, що контрольні рослини мали найнижчий вміст розчинного цукру.

Для одержання якісної лікарської рослинної сировини важливо також, аби методи підвищення продуктивності не мали шкідливого впливу на довкілля та містили набір компонентів, близький до природного складу біоти. Одним із методів поліпшення кількісних і якісних показників рослинної сировини ромашки лікарської може бути використання біологічного оздоровлення ґрунту, позакореневі підживлення та внесення ефективних мікроорганізмів (Kwiatkowski, 2015).

Попередніми дослідженнями виявлено, що рентгенівське передпосівне опромінення при дозах 5–20 Грей підвищує вміст хамазулена у два–чотири рази. Також встановлено можливість застосування передпосівного рентгенівського опромінення насіння лікарських рослин у стимулюючих дозах як ефективної технології підвищення продуктивності та фармацевтичної цінності лікарської сировини (Пчеловська та ін., 2018). Нами продовжено роботи по підвищенню вмісту фенольних сполук, порівнюючи різні генотипи *M. chamomilla* і застосовуючи комплекс органомінеральних препаратів.

Високою значимістю та видовою насиченістю відрізняється рід **деревій** (*Achillea* L.) родини айстрових (*Asteraceae*) – один із найстаріших родів на планеті. Палеонтологами виявлені скам'янілі фрагменти деревію, що відноситься до неандертальської доби (Al Achi, 2008). Рід нараховує від 150 до 200 видів, більшість із яких поширено з Євразії, кілька таксонів натуралізовано у Північній Америці, проте, ареал зростання різних видів дуже широкий, деякі занесені на інші континенти. Особливістю деревіїв є унікальна здатність адаптуватися до різних умов навколишнього середовища, завдяки чому вони поширені у всьому світі – від кліматичних зон до арктичних територій. Найпоширеніші види роду *Achillea*: д. звичайний (*A. millefolium* L.), д. дрібноквітковий (*A. micrantha* Willd.), д. азіатський (*A. asiatica* Serg.), д. щетинистий (*A. setacea* Waldst. et Kit.), д. паннонський (*A. pannonica* Schiile), д. благородний (*A. nobilis* L.), д. таволговий (*A. filipendulina* Lam.) і інші. Деревій голий (*A. glaberrima* Klok.) – один із рідкісних представників земної флори,

внесений до Європейського червоного списку. В Україні росте на гранітних масивах «Кам'яної Могили» Українського природного степового заповідника; занесений до Червоної книги України (Червона книга, 2009). Багато видів *Achillea* часто переміщуються в інші роди, особливо, у близькоспоріднений рід пижмо (*Tanacetum* L.). На території України понад 20 видів роду, що ростуть у лісовій, лісостеповій та степовій зонах по берегах водойм, околицях полів, іноді на пустирях і звалищах. Рід включає також безліч підвидів та форм, схожих морфологічно, але часто відмінних хемотаксономічно.

Види культивуються як лікарські, пряні, декоративні, медоносні, технічні рослини. Їх застосування у харчуванні та в лікувальній практиці є давнім, ще з античних часів, починаючи з Троянської війни (1200 р. до н.е.), коли деревій називали «солдатською травою» («herba militaris») за здатність знімати біль, зупиняти кров та запалення ран. Листки деревіїв використовували для чаю, а молоду траву (листя і квіти) – для салатів. Настояї служили і косметичними, і лікарськими засобами в'яжучої, жовчогінної, бактерицидної, сечогінної, антисептичної, загоювальної, спазмолітичної, коагулянтної та ін. дії. У китайській медицині дотепер вважається, що рослини *Achillea* здатні впливати на біоенергетичному рівні (Chevallier, 2016). Серед безліч видів *Achillea*, відомих науці, найбільш вивченим із широким функціональним застосуванням вважається д. звичайний (*A. millefolium*) – найпопулярніший типовий представник роду.

Деревій звичайний (*A. millefolium*) – гемікриптофіт, багаторічна квіткова трав'яна розсіяно-опушена рослина. Змієподібне тонке коріння радіусно утворює розгалужені підземні довгі пагони, так звані, «відьмині кільця». Стебла прямі, висотою іноді до 100 см, вгорі розгалужені, біля основи здерев'янілі, з черговими ланцетними двічіперисторозсіченими зеленими листками та з численними віддалено розміщеними сегментами; рахіс листка (1–2 мм завширшки) крилатий, з кінцевими долями, без додаткових бічних долей, лише іноді з одиничними зубцями у верхній частині. Суцвіття щиткоподібне, зібране з численних дрібних (3–4 мм) білих, рожево-лілових або червонуватих квіткових кошиків. Плід – сріблясто-сіра сім'янка до 2 мм. Квітує у червні-серпні, тривалий

час. Характерною відмінною ознакою деревію звичайного є зависоке стебло та рідкісне білувате опушення (Chevallie, 2016). За природних умов на території України рослина зустрічається практично у всіх регіонах, росте, як на добре освітлених, так і на затінених ділянках на узліссях, на берегах водойм, галявинах, околицях полів, уздовж доріг, лісосіках, у змішаних лісах, чагарниках, віддаючи перевагу сухим, мало розвиненим типам ґрунтів (Кархут, 2001).

Латинська родова назва деревію – *Achillea*. За найпоширенішою версією, рослину названо на честь міфічного героя Ахілла, який перший застосував траву як раногойний засіб, зціливши криваві рани своїх воїнів. Видовий епітет *millefolium* – тисячолистник від *mille* (тисяча) і *folium* (лист) рослина отримала за численними сегментами листків, які також в середні віки називали «венерині вії». Українська назва деревій, очевидно, пов'язана з наявністю в рослині дубильних речовин. Одне з народних найменувань деревію – «носочистка» (або «чихотна трава») пов'язане з використанням рослин як замітника нюхального тютюну. У різних місцевостях рослину називають «деревій тисячolistий», «кривавник», «серпоріз», трава-рибка, «маточник», «порізна трава», кашка біла або аптекарська, гулявиць, білоголів, ранник, тесля-трава та ін. Вид поліморфний, має багато форм різного таксономічного значення, включає безліч підвидів, схожих морфологічно і відмінних за складом діючих речовин. Близькими до *A. millefolium* є *A. asiatica*, *A. setacea*, *A. pannonica* (Кархут, 2001).

Із 200 представників роду хімічний склад частково досліджено лише у 20 видів (Кондратюк, 1962). У таксонах виявлено від 70 до понад 80 діючих компонентів, які пояснюють їх цілющі властивості. *A. millefolium* доволі відомий, вивчений, визнаний, навіть, сучасною медициною вид. Серед багатого комплексу поліфункціональних речовин слід відмітити групу сполук, представлену флавоноїдами (до 4%), у складі яких: рутин, глікозиди кверцетину, кемпферолу, ізорамнетину, глікозиди (лютеолін, лютеолін-7-глюкопіранозид, апігенін-7-глюкопіранозид (космосіїн), артеметин, кастицин, апігенін). Містяться також таніди (3%), стероли (стігмастерол, холестерол, β -ситостерол, псевдотараксастерол, тараксастерол і кампестерол); кумарини (0,4%); гіркоти, смоли та ін.; полісахаридний комплекс (4,5%); моносахариди: рамноза, арабіноза, ксилоза,

маноза, глюкоза, галактоза, рибоза і інулін; ліпіди, серед яких: до 2% жирної олії, етерні леткі ефірні олії (до 1%): моно-, сескві-, тритерпеноїди, у складі яких, переважно у квітках, проазуленові сполуки (25–30%) або до 170 мг% (у перерахунку на суху сировину) – пінен, 1-борнеол, складні ефіри (10–13%), 1-камфора, туйон, борнеол, цинеол (8–10%), спирти (20%) і ін., алкалоїди (ахіллеїн (0,05%), бетоніцин, стахидрин). Особливе значення має наявність в рослинах вітамінної групи, зокрема, ліпофільних – вітаміну К і каротину (провітаміну А), водорозчинного антиоксиданту вітаміну С (до 80%). Немало важливими є амінокислоти, органічні кислоти (мурашина, ізовалеріанова, оцтова, фолієва, кавова, саліцилова, янтарна); аміноспирт холін (до 0,3%), біогенний амін бетаїн; група мінералів: селен, молібден, магній, калій, бор, кальцій, цинк, мідь та ін. Серед терпеноїдів слід відзначити ахілін – негіркий сесквітерпен з групи гвайянолідів (попередники хамазулену). В зразках ефірної олії виявлено до 40% хамазулену, який надає їй блакитного кольору, а також проазулену, туйону, борнеолу, піненів, камфори, еугенолу, пінеолу (Єлісєєва & Ткачова, 2018).

Слід відмітити особливості накопичення діючих речовин у сировині рослин *Achillea*. Трава рослин відзначена наявністю флавоноїдів, гіркоти ахілеїну, летких олій, сесквітерпенових лактонів, дубильних речовин, вітамінів С і К, каротином і ін. Квітки видів деревіїв містять кровоспинний гіркий алкалоїд ахілеїн, ідентичний бетоніцину, ахіцеїн, ахілетин, мошатин, тригонелін, стахидрин і L(-)-гомостахидрин. Характерні леткі олії з вмістом хамазулену, проазулену, туйону, борнеолу, піненів, камфори, еугенолу, пінеолу, флавоноїд лютеолін-7-глікозид, сесквіно д-ацетат), органічні кислоти (оцтову, мурашину, ізовалеріанову, саліцилову), складні ефіри та спирти, холін, аспарагін. В ефірному екстракті квіток знайдено 5 ненасичених гвайянолідів α -метилен- γ -бутиролактонової структури, з пероксидним містком у циклопентановому кільці, основними з яких є α -пероксіяхілофолід і β -пероксіяхілофолід. Вміст α -пероксіяхілофоліду в суцвіттях становить 0,25–0,6%, в листі – 0,01–0,05% (Єлісєєва & Ткачова, 2018).

Слід зазначити, особливості вмісту у траві летких фітоорганічних сполук, які накопичуються в ефірній олії. Серед монотерпеноїдів: α -пінен (3,3%) і β -

пінен (2,4%), сабінен (3,1%), 1,8-цинеол або евкаліптол (4,7-10%), пінокамфон (5,2%), ментол (5,6%), L-камфора (1,4%), α -туйон, β -туйон, еugenol, D-лимонен, L-борнеол, α - і γ -терпінени, терпінолен, α -терпінеол, оцимен X (цис), оцимен V (транс), п-цимол, сантен, камфен, мірцен, карвон (Almadiy et al., 2016). Сесквітерпенові лактони, а також ахілеїн подразнюють смакові рецептори і посилюють секреторну активність шлунка, нормалізують роботу ШКТ. В ефірному екстракті трави д. звичайного знайдено 5 ненасичених гвайянолідів α -метилен- γ -бутиролактонової структури, з пероксидним містком у циклопентановому кільці, основними з яких є α -пероксіяхілофолід і β -пероксіяхілофолід. Вміст α -пероксіяхілофоліду в суцвіттях становить 0,25–0,6%, в листі – 0,01–0,05%. У меншій кількості, однак, що не менш важливо, присутні й інші сесквітерпени: проазуленові гвайяноліди ахіліцин (8-ацетоксіартабсин), леукодин, мілефін, гермакранолід, а також матрицин, 2,3-дигідродезацетоксиматрицин, 8-гідроксіяхілін, 8-ацетоксіяхілін, мілефолід (ацетилбалханолід), мілефолід, гермакрен D, β -бісаболен, α -бісаболол, Δ -кадинен, балханолід, леукомізин (дезацетоксиматрикарин), артилезин (ізомер матрикарину), аустрицин (дезацетилматрикарин), артемізин, каріофілен (10,1%) і азулен. Фармакологічно важливі компоненти полярні гвайяноліди у складі ефірної олії α -ангелокси-2 α ,4 α ,10 β -тригідрокси-6 β H,7 α H, 11 β H-1(5)-гвайєн-12,6 α -олід, 8 α -ангелокси-1 β , 2 β :4 β , 5 β -дієпокси-10, β -гідрокси-6 β H,7 α H,11 β H-12,6 α -гвайянолід і 8 α -ангелокси-4 α ,10 β -дигідрокси-2-оксо-6 β H,7 α H,11 β H-1(5)-гвайєн-12,6 α -олід знайдено також у траві виду д. азіатського (*A. asiatica*), а також у суцвіттях серед інших середньоєвропейських видів *A. collina*, *A. ceretanica*, *A. roseoalba*, *A. asplenifolia* (Almadiy et al., 2016).

Доведено, що комплекс біологічно активних сполук, виявлений у видів рослин *Achillea*, діє полівалентно, стимулюючи різні системи організму або компенсуючи недостатні їх функції. Так, високий вміст флавоноїдів і фенолів (таніди, терпеноїди, ефірні олії, цинеол, азулени), ліпідів, стеролів та ін. виявляють раногойну, антиалергійну, антимікробну, протигрибкову, спазмолітичну, послаблюючу та ін. дію рослини. Жовчогінні, антиоксидантні, протизапальні, бактерицидні та ін. властивості зумовлюють алкаміди, ненасичені жирні

кислоти, тритерпенові глікозиди, (Bessada et al., 2015). Гемостатична активність пов'язана з вмістом у траві вітаміну К, бетоніцину, α -філохінону, алкалоїду ахілеїну, який підвищує згортання крові на 60% сильніше, ніж кальцію хлорид. Наявність вмісту вітаміну К, як і гіркотів (сесквітерпенові лактони) у рослинах деревіїв визначають їх секретолітичний та антигельмінтний ефект. Поліфеноли, сесквітерпеноїди впливають на прояв цитотоксичної та противиразкової дії. Екстракти трави деревію (Extractum Herba Millefolii) мають властивості радіопротекторної дії, захищаючи людські лейкоцити від радіації та її генотоксичного впливу (Shahani et al., 2015).

На жаль, сучасні медичні та фармакологічні дослідження не приділяють належної уваги рослинам *Achillea*. Однак, низка досліджень підтвердили лікувальні властивості, що приписуються народною медициною рослинам роду. Доведено антибактеріальну активність проти грампозитивних харчових бактерій (*Staphylococcus aureus* і *Listeria monocytogenes*) ефірних олій видів *A. santolina*, *A. fragrantissima*, *A. biebersteinii*, *A. millefolium* серед яких олії двох останніх вказаних видів виявились найбільш ефективними (Almadiy et al., 2016). Згідно випробувань, у тому числі на людях, офіційна медицина визнала користь деревію у випадках втрати апетиту, диспепсії (особливо, при незначних спазматичних розладах шлунка) та в гінекології (при дисменореї). Дослідження, описані в Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine продемонструвало доведений позитивний вплив мазей *A. millefolium* на загоєння епізіотомій, що є важливим засобом в акушерстві (Benedek, 2007). Завдяки сучасним фармакологічним науковим дослідженням, перевіреним на щурах, виявлено, що екстракт з трави д. азійського (*A. asiatica*) ефективно діє, як дерматологічний засіб (в лікуванні шкірних ран) завдяки численним даним на клітинному рівні (Єлісеєва & Ткачова, 2018). Встановлена імуномодуюча дія комплексу полісахаридів, виділеного з *A. nobilis* шляхом водної екстракції рослини і має здатність знижувати імуносупресорну дію антибіотиків та стафілококової інфекції, що вперше експериментально показано в офіційній медицині (Bessada et al., 2015).

Препарати з суцвіть деревію та ромашки підвищують швидкість загоєння слизових оболонок та шкіри при опіках і ранах, в тому числі, гнійних (Dorjsembe

et al., 2017); мають сильно виражені бактерицидні властивості щодо багатьох патогенних штамів стафілококів та стрептококів, а також синьогнійної та кишкової палички (Miraj & Alesaeidi, 2016). Основну бактерицидну й антивірусну активність пов'язують із присутністю в цих рослинах природного антибіотика хамазулена.

Офіційним видом у сучасній науковій медицині визнано і деревій звичайний (*A. millefolium*), який входить в офіційні фармакопеї європейських країн, Китаю та Індії. В Україні *A. millefolium* – єдиний фармакопейний вид *Achillea* (Державна Фармакопея України, 2024). Проте, в якості сировинного замітника у фармації дозволені для застосування близькородові таксони *A. asiatica* і *A. setacea*. Як офіційальну сировину деревію звичайного визнано *Herba Millefolii* (трава деревію), *Anthodium Millefolii* (суцвіття деревію), *Flores Millefolii* (квітки деревію). На ринку України існує близько 20 препаратів (Ротокан, Вундехіл, деревію трава, порошок трави, екстракти, таблетки, капсули, тощо). Однак, у вітчизняній офіційальній медицині трава, квітки і рідкий екстракт *A. millefolium* використовуються, в основному, як гемостатичні засоби. Ліками також є мазь чи олія трави. Сировина входить до складу аптечних зборів – проносного, заспокійливого, шлункового, протигемороїдального.

Квітки деревію містять сесквітерпенові лактони, ефірну олію (азулен), флавоноїди, фенолкарбонові кислоти тощо. Кілька видів цього роду протягом тривалого часу використовувалися для лікування ран, кровотеч, запалень, респіраторних інфекцій, шкірних захворювань, спазматичних захворювань і диспепсії, а в даний час використовуються в медичній та косметичній промисловості. Фенольні кислоти, що присутні у цих видах, відомі своєю потенційною захисною роллю проти захворювань, пов'язаних із окислювальним пошкодженням (ішемічної хвороби серця, інсульту та раку) (Benedek, 2007).

В аптечній мережі можна придбати різноманітні препарати за доступною ціною, які створені на базі рослин *Achillea*, а саме: подрібнену суху траву, екстракт деревію, який випускається у формі капсул та екстракт – у рідкій формі на олійній основі. Попит має і екстракт «Ротокан» – настоянка водно-спиртова, яка, крім деревію, включає календулу та ромашку. Крім цього, трава

використовується для створення таких лікарських засобів, як «Ахіллан», який застосовується при недугах шлунково-кишкового тракту. Монозастосування на основі деревіїв не використовується. Частіше рослини поєднують у зборах з іншими лікарськими травами (лаванда, шавлія, календула, м'ята, ромашка та ін.) Деревії входять до складу проносного, шлункового, апетитного та ін. чаїв. При зовнішньому використанні деревію (мазь, екстракт рідкий, олія) як кровоспинного, протизапального, бактерицидного та дерматологічного засобу препарати виявляються ефективними при вітиліго, гніздовому облисінні (алопеції), лускатому лишаї (псоріаз), вугрових і фурункулярних висипах, при геморої, герпесі та ін. (Єлісєєва & Ткачова, 2018).

Однак, слід зазначити, тривале безконтрольне застосування та передозування препаратів деревію можуть призвести до виникнення алергічних захворювань. Вагітність, тромбофлебіт та підвищене згортання крові також є факторами, що обмежують можливість використання деревію.

Деревій знаходить своє застосування і в ароматерапії завдяки унікальному складу ефірної олії з вираженим ефектом регенеруючої, спазмолітичної, заспокійливої дії, яка сприяє релаксації, зняттю стресу та поліпшенню емоційного стану. У гомеопатії застосовують есенцію з квітучих деревіїв. У ветеринарії відваром рослин лікують хвороби шлункового тракту молодняку. Настояї та відвари деревіїв ефективні у косметології по догляду за шкірою та волоссям, як антисептичний, протизапальний засіб. Ефірне масло деревію використовують у виноробстві, лікерогорілчаній промисловості та парфумерії. У кулінарії молоде листя та квіткові кошики застосовують як пряність, висушене листя та квіти – при виробництві настоянок, вермутів, вин, лікерів, квасу, ароматизованих напоїв, желе, мусів, бальзамів. Рослини – нектароноси. Оси, а також численні види метеликів (дорослі особини) і жуків харчуються пилом та нектаром, зібраними з деревію. Деякі птахи (наприклад, шпаки) використовують стебла деревію при будівництві гнізд. Рослина відлякує багатьох комах-паразитів, що атакують пташині гнізда. Концентрований настій із трави деревію – ефективний засіб боротьби з садовими шкідниками (павутинним кліщем, попелицями, щитівками, трипсами). Трава забарв-

лює пряжу в жовтий колір після протравлення мідним купоросом або в зелений при протравленні біхроматом калію (Єлісеєва & Ткачова, 2018; Chevallier, 2016).

Представники роду *Hypericum* багаторічні, дуже рідко однорічні трав'яні рослини, напівчагарники, чагарники чи дерева. З 500 існуючих видів роду, поширених у всьому світі, переважно, у помірних та субтропічних регіонах, в Європі росте 28 видів. В Україні налічується 12 видів, з яких 8 – дикорослі. Більшість із них поширені на територіях західних областей, віддаючи перевагу чагарникам, лісовим галявинам, мішаним лісам, лісосікам, насипам із сухими ґрунтами. Інші 4 види: звіробій чашечкоподібний (*H. calycinum* L.), з. гісополистий (*H. hyssopifolium* Chaix), з. золотистий (*H. aureum* L.), з. волосистий (*H. hirsutum* L.) – інтродуковані рослини, що культивуються на колекційних ділянках ботанічних садів та парків України (Каталог лікарських рослин..., 2009; Якубенко та ін., 2020). Найбільш відомий *Hypericum perforatum* L. Це багаторічна трав'яна рослина. Кореневище тонке, розгалужене, від якого щорічно виростає кілька круглих або з двома ребрами прямостоячих голих розгалужених вгорі стебел заввишки 30–60 см. Листки супротивні, сидячі, з цільними краями, довгасто-овальні, тупі, з прозорими крапчастими залозками. Квітки жовті, правильні, двостатеві, п'ятипелюсткові, зібрані в щитоподібну волоть або нещільну китицю; пелюстки золотаво-жовті, довгасто-овальні, з чорними крапками по краю. Плід – тригранна коробочка. Насіння поширюються птахами, вітром, дощем. Цвіте з червня по вересень. Квітки жовті, зібрані в щиток (Лікарські рослини..., 1992; Мінарченко та ін., 2013).

У світі лікарських трав звіробій займає одну з найважливіших позицій завдяки цілому спектру корисних властивостей, а в альтернативній медицині різних культур протягом сотень років він цінується як один із найсильніших лікарських засобів, що допомагає при різного роду патологіях. Цілющі властивості звіробою широко відомі ще з середньовіччя; рослину вважали лікувальною травою «від 99 хвороб». Ще древні греки використовували рослини для лікування від укусів тварин до психічних розладів, приймали при симптомах тривожних нервових нападах та депресії. Вважалось, що потрапляючи в організм, звіробій сам знаходить «слабкі» місця і лікує там, де це найбільше необхідно. Ще

Авіценна рекомендував звіробій як цілющий засіб, що загоює рани різноманітного походження; практикував як сечогінний засіб, анальгетик при запаленнях сідничного нерва, застосовував при злоякісних виразкових утвореннях. Рослини сприятливо впливають на всі системи організму. Настояї звіробою пили для здоров'я і бадьорого настрою. З цієї причини травники часто рекомендували вживати рослини при стомлюваності і виснажливій роботі. З цією ж метою рослини застосовувалися солдатами під час тривалих піших переходів (Кархут, 2001; Сучасна фітотерапія, 2016; Community herbal monograph..., 2009).

У рецептах народних цілителів України звіробій – важливий специфічний засіб у терапії онкологічних патологій, зокрема, печінки та шлунку. У фітотерапії офіційно використовують відвари, спиртові настоянки, водні настої, чаї, масло з лікувальної рослини (Сологуб, 2011). Простежуючи випадки вживання рослин у традиційній культурі, можна побачити цілу систему причинно-наслідкових зв'язків. Корисні властивості звіробоїв залишаються актуальними і сьогодні (Сікура, 2000; Agarouda, 2017; Balick, 2006).

Фармакопейними видами в Україні визнані *H. perforatum* та *H. maculatum*. Трава звіробою (цілі або різані квітучі висушені пагони) представлена у фармакопейній статті «Звіробій. *Hyperici herba*» ДФ України, і як офіційна сировина, і як засіб для вживання в медичній практиці для широкого спектру різних патологій та дисфункцій організму (Лікарські засоби, 2016; Держ. Фармакоп., 2018).

Головна користь звіробою – у хімічному складі біологічно активних речовин, які пояснюють його лікарські властивості. Звіробій містить неабияку кількість діючих інгредієнтів, які обумовлюють широкий спектр корисного використання. Значним є поліфенольний комплекс, зокрема, флавоноїди (1–1,5%): гіперозид (у траві – 0,7 %, у квітках – 1,1 %), кверцетин, кверцитрин, мірицетин, ізокверцитрин, рутин, псевдогіперин, гіперин; таніни (дубильні речовини (7–15 %) , катехіни, пігментні сполуки (лейкоантоціанідини, антоціани (до 6%), кумарини, фенолкарбонові та вільні кислоти, смолисті речовини (до 20%), похідні антраценів; ліпідний комплекс (стерини, жирні кислоти, леткі фітоорганічні сполуки (ефірна олія 0,12–0,15%, зокрема, пінен, терпени, невелика кількість складних ефірів ізовалеріанової кислоти і ін.); тритерпенові сапоніни, гіркоти,

сліди алкалоїдів та багато інших. Особливо цінні – гіперіцин (0,1–0,4%), псевдогіперіцин, протопсевдогіперіцин, протогіперіцин, гіперфорин, гіперин та інші сполуки, які у поєднанні з ліпідним, вітамінним – А (ретинол), РР, В3 (ніюцин), В4 (холин), С (до 140 мг%), Е (токоферол), каротиноїди (до 55 мг%), полісахаридним (пектини і ін.), мінеральним комплексами – володіють потужним потенціалом лікувально-профілактичної спрямованості (Деркач та ін., 2018; Грицик & Сологуб, 2022; Barnes et al., 2001; Cibotaru et al., 2017). На п'яти серіях комплексного густого екстракту трави звіробою встановлено, що критерієм якості можна вважати вміст речовин флавоноїдів – не менше 1,5 % у перерахунку на гіперозид і суху субстанцію (Шостак та ін., 2017). Встановлено існування статистично значущого кореляційного зв'язку між вмістом гіперіцину та мангану, гіперозиду та кадмію, гіперозиду та мангану, рутину та калію, рутину та мангану (Деркач та ін., 2018).

Багатогранний склад активно діючих інгредієнтів пояснює поліфункціональний лікувальний потенціал сировинних рослин роду *Hypericum*. Так, токоферол, каротиноїди – потужні антиоксиданти, здатні протидіяти вільним радикалам. Ретинол – цінний імуномодулятор з протівірусною, протизапальною дією, покращує зір, підвищує імунітет. Вітамін С підтримує активність імунної системи, протидіє інфекційним агентам, бере участь у виведенні токсинів та холестерину, перешкоджає зародженню ракових клітин. Барвники – антранол, гіперіцин, холін, ніюцин – покращують роботу нервової системи, чинять позитивний вплив на діяльність ШКТ. Флавоноїди, зокрема, кверцетин і рутин мають знеболювальну спазмолітичну дію, забезпечують міцність судин, протизапальний та виражений раногойний ефект. Найактивніші компоненти звіробоїв – гіперіцин, гіперфорин, що достатньо накопичуються в усіх частинах рослини, крім кореневищ, збільшують рівень нейромедіаторів і нейротрансмітерів (серотонін, дофамін, гамма-аміномасляна кислота, норадреналін, L-глутамат) у мозку, проявляючи, тим самим, пролонгований антидепресантний, анагезуючий та заспокійливий ефекти, і є тими основними діючими визнаними натуральними речовинами-антидепресантами звіробоїв. Таніни – потужні антиоксиданти, здатні сповільнювати процеси старіння у 20 разів ефективніше токоферола, регулювати жировий обмін, сприяти регенерації тканин, помірно впливати на функції ШКТ. Їх

антигеморагічна, в'язуча функції зумовлюють кровоспинні, бактерицидні, цитотоксичні властивості та здатність проявляти протимікробну, протизапальну дію звіробою, як справжні дезінфектори. Сапоніни здатні до нормалізації серцевого ритму й артеріального тиску, мають потужну протисклеротичну, адаптогенну, седативну, противиразкову, діуретичну активність. Ще доведена біологічна дія окремих сполук, що містяться в рослинах звіробою: аментофлавону – судинорозширювальна, раногойна, протизапальна; гамма-амінобутирової кислоти – седативна, діуретична; проантоціанідинів – судинорозширювальна, радіопротекторна, антиоксидантна; ксантонів – противірусна, антидепресантна, антибактеріальна, регенеруюча; гіперіцину – також і антивірусна, помірно виражена седативна а, в комплексі з гіперфорином та їх похідними, – цитостатична (здатність сприяти апоптозу – запрограмованій загибелі різних клітин раку та пригнічувати їх метастазування), ефективно сприяти знищенню злоскісних клітин в тому числі, при лейкемії (Маковецька та ін., 1997; Коновалова, 2007; Butterweck & Schmidt, 2007; Cibotaru et al., 2017; Шостак та ін., 2017; Barnes et al., 2001; Грицик & Сологуб, 2022).

В офіційній медицині лікарські засоби із сировини звіробою представлено в широкому асортименті в аптечній мережі різних лікарських форм: трава, настоянки, екстракти, настої, порошки, таблетки, капсули тощо. Використовується як сировина окремо або в комбінації з іншими рослинами: БАДЦІ, збори, настої, чаї, відвари, препарати Гастритол, Поліфітол, Урохолум, Холенорм, Ренорм, які діють на нервову, травну і сечовидільну систему. Болгарський препарат Reflavit C, протизапальну дію якого зумовлюють конденсовані катехіни (флобафени) і вітамін С, важливий при запальних і дегенеративних судинних (венозних) патологіях. Екстракт трави ефективний як антибактеріальний засіб для вирішення дерматологічних проблем, зокрема, при лікуванні вітиліго. Трава звіробою – гідна альтернатива традиційним антидепресантам (у тому числі Прозак, Золофит), не поступається широко застосовуваним амітриптиліну, іміпраміну, пароксетину та іншим антидепресантам. Також екстракт звіробою використовується для виготовлення безрецептурних фітоантидепресантів і застосовуються при легкій формі депресії, психовегетативних тривожних розладах. Настоянка трави звіробою, як і препарати Іманін і Новоіманін, Пейфлавіт –

протибактеріальні засоби для лікування патологічних інфекцій, капіляротоксикозів, гломерулонефритів, атеросклерозії та іншого, і також при боротьбі з бактеріозами (новоіманін), що вражають овочеві культури, та з вірусом тютюнової «мозаїки» (Коновалова та ін., 2010; Новіков та ін., 2018).

Лікувальні властивості звіробою забезпечують ефективність ліків на його основі в лікуванні різних патологій і дисфункцій організму. Види звіробою з точки зору фармакологічного застосування використовують досить різноманітно, та основна увага зосереджена на вивченні, розробці та запровадженні препаратів, засобів із антидепресантною дією (Linde et al., 2009). Звіробій продається як харчова безрецептурна добавка у багатьох країнах світу, в тому числі у США, де стандарти продажу БАДів є досить суворими. Для боротьби з депресивними розладами поряд із синтетичними антидепресантами, на фармацевтичному ринку присутні також препарати рослинного походження, наприклад, «Депривіт», «Седатон» та інші, що містять траву *H. perforatum*. Таку його дію зумовлюють переважно два компоненти – антрахінон гіперіцин та похідне флороглюцину гіперфорин (Mennini & Gobbi 2004). В якості натуральних антидепресантів широко використовується в Європі, зокрема, у Польщі препарати-екстракти («Екстракт звіробою сухого»), у Німеччині (Геларіум гіперікум, Лайф 900, Нейроплант та ін.) При легких і помірних депресіях їх ефективність порівнянна з дією традиційних антидепресантів, лише за важких форм депресій звіробій, мабуть, поступається стандартним антидепресантам (Денис та ін., 2016). Звіробій можна знайти у складі багатьох седативних лікарських засобів: Седарістон, Ремотів, Седавіт, Седанол, Стрессофіт, Ремотів та інші, однак на ринку України представлені лише деякі європейські препарати: Геларіум гіперікум, Лайф 900 і чотири препарати психолептичної дії: Нейроплант, Деприм, Гербіон гіперікум. Препарати Депривіт, Седатон є препаратами вітчизняного виробництва (Київський вітамінний завод) – на основі сухого екстракту звіробою звичайного у вигляді таблеток. Українські препарати на основі стандартизованих екстрактів звіробою є ефективними і безпечними, без побічних ефектів, дешевими аналогами синтетичних антидепресантів: Деприсин, Седанов, Примаріум. Препаратом вибору серед лікарських засобів на основі стандартизованих

екстрактів трави *H. perforatum* є Ремотів (Баула & Деркач, 2017; Денис та ін., 2016; Новіков та ін., 2018; Коновалова та ін., 2010; Linde et al., 2009; Araydin et al., 2016). Попередні дослідження показали можливість застосування біотичних еліситорів, зокрема, метилжасмонату, для підвищення вмісту гіперіцину в асептичних рослинах звиробом (Lystvan et al., 2021).

Оскільки *H. perforatum* є надзвичайно цінною лікарською рослиною і джерелом сполук, що входять до складу препаратів та БАДів із бактерицидною, раногойною та седативною дією, її вирощування і виділення діючих сполук є особливо актуальними під час воєнних дій як для лікування, так і реабілітаційної терапії. Дане дослідження спрямоване на пошук методів, що сприятимуть підвищенню вмісту цільових сполук та продуктивності рослин звиробом.

РОЗДІЛ 2.

УМОВИ МЕТОДИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідях використовували насіння лікарських рослин: *Achillea millefolium* L., *Hypericum perforatum* L., *Matricaria chamomilla* L з колекції Дослідної станції лікарських рослин Інституту агроєкології та природокористування НААН України. *Matricaria chamomilla* представлена 5 сертифікованими сортами різного географічного походження і 3 едафічними екотипами від постачальників Gold Garden (Україна) та Seed Era (Україна) – загалом 8 генотипів: сорт Перлина Лісостепу (Україна), сорт Кведлінбург (Німеччина), сорт Горал (Словенія), сорт Злати Лан (Польща), сорт Азулена, а також генеративне покоління мутанту сорту Перлина Лісостепу, екотип Gold Garden, екотип Seed Era.

Передпосівне опромінення насіння проводили на рентгенівському апараті РУМ-17 у чотирьох дозах – 5, 10, 15 та 20 Гр, потужність дози – 1,42 сГр/с. Насіння поміщали в поліетиленові пакети по 20–30 г кожного варіанта.

Площа дослідних ділянок становила 5 м². Повторення шестиразове. Схема розміщення варіантів рандомізована.

Дослідження проведені на експериментальних ділянках відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (НБС). Ґрунти на дослідних ділянках – темно-сірі лісові. Глибина орного шару 20–22 см. Вміст гумусу в ґрунті – 3,45 %, рН – 6,8, вміст азоту – 105 мг/кг, фосфору – 387 мг/кг, калію – 75 мг/кг ґрунту.

Протягом 2024 року глобальна середня річна температура вперше в історії спостережень перевищувала 1,5°C порівняно з доіндустріальним періодом, тож 2024 рік може стати найтеплішим роком за весь час спостережень. Як повідомляє Укрінформ, про це свідчать дані Європейської служби з питань зміни клімату Copernicus (C3S).

Кліматичні умови в Києві 2024 року характеризувалися стійким перевищенням норми середньомісячної температури повітря у Києві (за даними сайту <https://meteoport.com/pogoda/kyiv/>). Найвищим воно було у лютому та вересні і мало відхилення від багаторічної норми на 7,1 і 6,6 °C відповідно (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Температура повітря (2023–2024 рр.), °C

Місяць		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середньобага торічна норма		-5,6	-4,2	0,7	8,7	15,2	18,2	19,3	18,6	13,9	8,1	2,1	-2,3	7,7
2023 рік		-0,3	-0,3	4,8	9,6	16,2	19,6	21,5	23,8	18,8	11,4	4,1	0,7	10,8
	max	13,1	9,3	18,6	19,9	26,9	30,4	31,8	35,7	28,3	22,0	15,5	10,5	35,7
	min	-9,8	-10,2	-3,4	1,2	5,3	8,4	13,6	13,8	9,6	1,0	-6,6	-8,9	-10,2
	Відхи- лення	5,3	3,9	4,1	0,9	1,0	1,4	2,2	5,2	4,9	3,3	2,0	3,0	3,1
2024 рік		-2,6	2,9	4,8	12,8	16,3	21,6	24,1	23,1	20,5	14,1	2,7	-0,0	11,7
	max	6,8	11,6	25,0	25,9	27,3	31,3	35,9	35,1	32,5	22,4	12,1	7,7	35,9
	min	-15,6	-3,8	-4,1	0,2	3,5	13,8	15,1	13,9	10,8	8,6	-5,8	-9,2	-15,6
	Відхи- лення	3,0	7,1	4,1	4,1	1,1	3,4	4,8	4,5	6,6	6,0	0,6	1,8	4,0

На тлі підвищеної температури спостерігалось нерівномірне забезпечення вологою впродовж року. Незважаючи на деяке перевищення річної норми суми опадів (2023 р. – на 26,4 мм; 2024 – 38,3 мм), траплялися місяці з різкими відхиленнями від норми або в бік перевищення, або в бік їх дефіциту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Місячна кількість опадів, мм

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Норма	48	46	39	49	53	73	88	69	47	35	51	52	650
2023 рік	20,2	30,1	40,7	102,6	1	87,6	136,1	19,6	8,6	67,2	99,2	63,5	676,4
Відхилення	-27,8	-15,9	1,7	53,6	-52	14,6	48,1	-49,4	-38,4	32,2	48,2	11,5	26,4
2024 рік	48,4	49,3	54,8	79	15,3	136,5	51,9	24,7	56,9	64,1	51,7	55,7	688,3
Відхилення	0,4	3,3	15,8	30	-37,7	63,5	-36,1	-44,3	9,9	29,1	0,7	3,7	38,3

Так у квітні 2023 р. опади перевищили місячну норму вдвічі, а у травні були майже відсутні. Критична нестача вологи у 2023 р. спостерігалася в серпні та вересні, яка змінилася випаданням подвійних місячних норм у жовтні та листопаді. У 2024 р. подвійна норма дощів випала у червні, проте дефіцит

опадів припадав на важливі для вегетації рослин періоди: травень, липень, серпень (див. табл. 2.2). Нерівномірність вологозабезпечення у весняно-літній період, яка притаманна сучасним кліматичним особливостям, створює перешкоди для культивування трав'яних рослин, особливо однорічних.

Дослідження біохімічного складу виконані у лабораторії відділу культурної флори НБС. Вміст сухої речовини в наземній масі та суцвіттях ромашки визначали, за висушування зразків рослин до незмінної маси в сушильній шафі при 105 °C (Luta, et al., 2020; Žlabur et al., 2020). Для визначення загального вмісту цукрів та моноцукрів використовували метод Бертрана (Chandraju et al., 2014), аскорбінову кислоту визначали титриметрично (Ahmed & Beigh, 2009).

УФ-С опромінення проводили на пристрої ОБМ-150 М (Україна) з двома лампами Philips Special TUV 30 W (Нідерланди); максимум випромінювання при довжині хвилі 253,7 нм, доза 10 кДж/м² потужністю 3,4 Вт/м². Рослини вирощували в умовах вегетаційного дослідження. Опромінене та контрольне насіння висівали у горщики, що містять 1,5 кг ґрунту, з розрахунку 10 рослин на горщик. З огляду на екологічні характеристики виду *Matricaria chamomilla* моделювали дерново-підзолистий суглинний ґрунт, змішуючи 1 частину ґрунту марки «Поліський» із 2 частинами піску (Sokolova et al., 2021; Zhuk et al., 2021).

Збір і заготівлю лікарської сировини, екстракцію та вимірювання **вмісту сумарних флавоноїдів** у екстрактах проводили відповідно до загальноприйнятих фармакопейних методик (Sokolova et al., 2021; Zhuk et al., 2021). Екстракцію фенольних сполук і флавоноїдів здійснювали шляхом мацерації наважки подрібненого матеріалу 70 % етанолом у співвідношенні 1:100 при 24°C протягом 72 год. Отриманий екстракт фільтрували через ватний фільтр, за необхідності доводили до початкового об'єму 70 % етанолом та центрифугували.

Кількісне визначення вмісту флавоноїдів у екстрактах із лікарської сировини здійснювали шляхом вимірювання оптичної густини комплексу з хлоридом алюмінію на спектрофотометрі СФ-46 (Croft, 1998; Dai & Mumper, 2010). Для цього до 1 мл отриманого екстракту додавали 1 мл 2 % спиртового розчину хлориду алюмінію та 4 мл 70 % етанолу. Паралельно готували розчин порівняння, що містить 1 мл екстракту, 1 краплю оцтової кислоти та 5 мл 70 %

етанолу. Визначення вмісту флавоноїдів проводили по утворенню комплексу флавоноїд-алюміній, що має жовте забарвлення. Вимірювали оптичну густину розчину за довжини хвилі 410 нм проти розчину порівняння, визначали концентрацію суми флавоноїдів по калібрувальному графіку рутину і виражали в мг рутину на 1 г сухої маси. Вміст флавоноїдів вираховували за формулою: $C_f = C \cdot k / m$, де C_f – вміст флавоноїдів, мг рутинового еквіваленту на грам сухої маси; C – вміст флавоноїдів по калібрувальній кривій, мг/мл; k – коефіцієнт розведення; m – маса наважки рослинного матеріалу, г.

Загальний вміст фенольних сполук визначали методом Фоліна-Чокальта за допомогою спектрофотометра (UNICO UV-2800, США) із застосуванням у якості стандарту галової кислоти, оптичну густину розчину визначали за довжини хвилі 760 нм (Singleton V.L. & Rossi, 1965; Мусієнко та ін., 2001).

Також спектрофотометрично визначали **вміст фотосинтетичних пігментів**: хлорофілу А і В.

Аналіз вторинних метаболітів здійснювали з використанням **методу обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії**. Розділення зразків проводили на хроматографічній системі Agilent 1100 з 4-канальним насосом, вакуумним дегазатором, автосамплером, термостатом колонок та діодно-матричним детектором. Використовували двох-елюентну схему (елюент А – 0,05 М водний розчин ортофосфорної кислоти H_3PO_4 ; В – ацетонітрил; всі елюенти й добавки були придбані в Sigma-Aldrich, градація чистоти HPLC) на колонці Poroshell 120 EC-C18, 2,7мкм, 2,1×150 мм. Об'єм зразка 2 мкл. Детектування відбувалося на довжинах хвиль 206, 254, 300, 350 та 450 нм.

Рослинну сировину подрібнювали і переносили в скляну віалу. Наважки заливали чистим метанолом з розрахунку 10 мл на 1 г сировини. Розчин для екстракції готувався ваговим методом. Процедура екстракції проводили під дією ультразвуку та при температурі 50 °С протягом 2 годин (4 періоди по 30 хвилин з перервами в 15 хв.). Отриманий розчин екстракту фільтрували крізь фільтр із мембраною з гідрофільного нейлону діаметром 25 мм та порами 0,22 мкм. Фільтрат зберігали при температурі -20 °С.

Для всіх речовин реєстрували спектри поглинання в ультрафіолетовому та видимому діапазонах з метою встановлення природи вторинних метаболітів і віднесення хроматографічних піків до певних груп речовин (табл. 2.3). Вміст окремих груп речовин були розраховані в перерахунку на стандарти деяких сполук. На хроматограмах використані скорочення для позначення класу речовин (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Список використаних позначень

№	Позначення	Клас речовин	Речовина, що була використана для розрахунку вмісту
1	АС	Антоціаніни	Мальвідін-3-глюкозид
2	С	Кумарини	7-гідроксикумарин
3	F F-AG F-LG F-QG	Флавоноли Похідні апігеніну Похідні лютеоліну Похідні кверцетину	Рутин Вітексин Орієнтин Рутин
4	НОВ	Похідні карбонових та гідроксибензойних кислот	Галова кислота
5	Нур	Гіперфорін та подібні за структурою речовини	Галова кислота
6	ОС	Оксикоричні кислоти	Хлорогенова кислота
7	Stil	Стілбеноїди	Хлорогенова кислота
8	TS	Монотерпеноїди та стерини	
9	X-A X-B	Катаболіти хлорофілу А Катаболіти хлорофілу В	Феофорбід А
10	Y	Каротиноїди	Лютеїн

Вимірювання рівня освітлення здійснювали цифровим люксометром BSIDE L1 (Китай).

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали методом дисперсійного аналізу (ANOVA). Отримані дані виражали як середнє $\pm$ стандартне відхилення та були розраховані за допомогою Microsoft Excel. Достовірність результатів оцінювали з використанням t-критерію Стюдента, рівень достовірності ($p < 0,05$).

РОЗДІЛ 3.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКІСНИХ ТА ПРОДУКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ АРОМАТИЧНО-ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

3.1. Вплив передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини ароматично-лікарських рослин (*M. chamomilla*, *A. millefolium*, *H. perforatum*)

3.1.1. Вплив передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини *Matricaria chamomilla* (ромашки лікарської)

Досліджено можливість збільшення продуктивності *M. chamomilla* шляхом передпосівного гострого опромінення насіння. Вимірювали висоту головного пагона, довжину кореня, обліковували кількість бічних пагонів, надземну та підземну масу рослин. Також визначали біохімічні параметри: вміст сухої речовини, загального цукру, моноцукрів та аскорбінової кислоти, що характеризує рівень стресостійкості до зовнішніх чинників. В експерименті враховували різні дози опромінення і генотипову відмінність.

Суцвіття збирали щотижня. Накопичену повітряно суху сировину зважували. Одержані результати свідчать про те, що найвищим збором сухих суцвіть характеризувався сорт Горал. Маса суцвіть цього сорту була більшою при 10 і 15 Гр, що становило 161 і 160% до контролю (табл. 3.1). Проте найбільша стимуляція продуктивності сировини спостерігалася у сорта Перлина Лісостепу–193–196% до контролю за опромінення 10 і 15 Гр.

Таблиця 3.1

Вплив опромінення насіння різних сортів *M. chamomilla* на збір суцвіть дослідних рослин (повітряно суха маса)

Варіант	Перлина Лісостепу		Горал	
	г/м ²	% до контролю	г/м ²	% до контролю
Контроль	45	100	95	100
5 Гр	82	182	127	134
10 Гр	87	193	153	161
15 Гр	88	196	152	160
20 Гр	48	107	125	132

Слід зазначити, що опромінення на рівні 20 Гр має істотно менший ефект збільшення урожайності суцвіть *M. chamomilla*, порівняно з меншими дозами опромінення. Рослини, які росли без використання біопрепаратів утворювали менше сухої біомаси. Особливо виразна відмінність виявлена у контрольних рослин сорту Перлина Лісостепу: без підживлення – 45 г/м², підживлені біопрепаратами – 82 г/м² (див. табл. 3). У сорта Горал підживлення сприяло збільшенню збору сухих суцвіть на 8–25 г/м².

Підтвердженням позитивного впливу іонізуючого опромінення стали дані біометричних обстежень досліджуваних рослин у фазі бутонізації. Так сира надземна маса однієї рослини найбільше продукувалася за опромінення у 10 Гр у сортів Перлина Лісостепу (26,22 г) і Горал (16,66 г) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Продуктивні показники рослин *M. chamomilla* у фазі бутонізації
залежно від поглиненої дози опромінення насіння

Сорт	Варіант	Наземна маса рослини, г	Підземна маса рослини, г	Висота головного пагона, см	Довжина кореня, см	Кількість бічних пагонів, шт.
Перлина Лісостепу	Контроль	7,56±1,24	0,66±0,10	28,4±2,0	8,8±0,7	0,4±0,3
	5 Гр	10,84±2,26	0,78±0,26	35,0±2,7	9,0±0,8	2,8±0,9
	10 Гр	26,22±6,72	1,82±0,36	30,8±2,7	7,8±0,7	6,4±1,4
	15 Гр	8,08±1,16	0,60±0,12	32,4±2,8	11,0±2,0	0,8±0,4
	20 Гр	7,16±1,78	0,56±0,24	31,0±1,9	9,8±1,0	1,6±0,6
Горал	Контроль	7,38±2,56	0,64±0,22	31,2±1,2	9,6±1,7	1,4±0,7
	5 Гр	11,68±1,92	0,88±0,10	34,0±1,3	10,6±1,0	1,0±0,4
	10 Гр	16,66±2,28	1,04±0,10	32,4±1,4	7,4±0,6	4,0±0,6
	15 Гр	15,46±3,28	0,98±0,22	34,0±1,2	9,4±0,7	3,0±0,4
	20 Гр	5,20±0,97	0,36±0,07	27,4±1,9	9,6±1,1	0,6±0,5

Також у варіанті 10 Гр утворилася найбільша за масою коренева система і сформувалося найбільше бічних пагонів (див. табл. 4). Довжина кореня не мала залежності від рівня опромінення. Отже, найбільше надземної та підземної маси, а також бічних пагонів усіх досліджуваних зразків *M. chamomilla* формувалося за умов опромінення у 10 і 15 Гр.

Кількість суцвіть, що утворилися на одній рослині, коливається від 106 до 268 шт. Максимальною вона була за умов опромінення у 15 Гр на фоні застосування підживлення рослин (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Кількість суцвіть *M. chamomilla* сорту Горал наприкінці вегетації залежно від дози опромінення насіння та живлення, шт./рослину

Варіант	Контроль без використання біопрепаратів	З використанням біопрепаратів
Контроль	130±15	149±29
5 Гр	247±91	203±55
10 Гр	106±9	179±88
15 Гр	253±110	268±130
20 Гр	177±55	158±28

Досліджували можливість збільшення вмісту фенольних сполук в *M. chamomilla* шляхом гострого опромінення насіння лікарських рослин. Проводили порівняльне вивчення ефективності рентгенівського опромінення в дозах від 5 до 20 Гр. Для аналізу використовували суцвіття у фазі масового цвітіння (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Рослини *M. chamomilla* сорту Перлина Лісостепу, фаза масового цвітіння

Загальний вміст фенольних сполук у суцвіттях *M. chamomilla* за різних доз передпосівної обробки насіння вирізнявся збільшенням їх вмісту, порівняно з

контролем. Візуально продемонстровано на діаграмі (рис. 3.2), що максимальна кількість поліфенолів синтезувалася у варіантах 5 і 10 Гр (18,84 і 18,24 мгГал/мл).

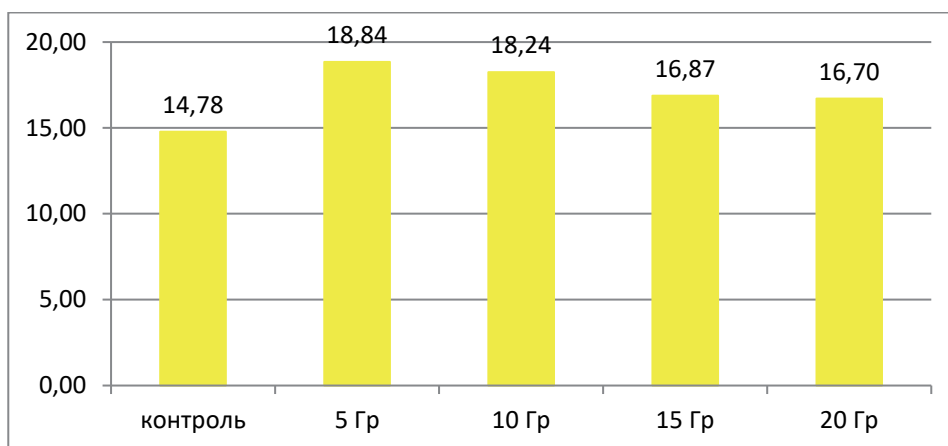


Рис. 3.2. Загальний вміст фенольних сполук в суцвіттях *M. chamomilla* сорту Перлина Лісостепу залежно від дози опромінення насіння, мгГал/мл

У процесі аналізу вмісту окремих груп поліфенольних сполук методом ВЕРХ виявлено, що домінуючою є група флавонолів – кількість становить 21,47–26,71 мг/г. Слід відмітити стимулюючу дію рентгенівського опромінення в усіх варіантах доз на збільшення вмісту всіх ідентифікованих груп сполук флавоноїдів (рис. 3.3).

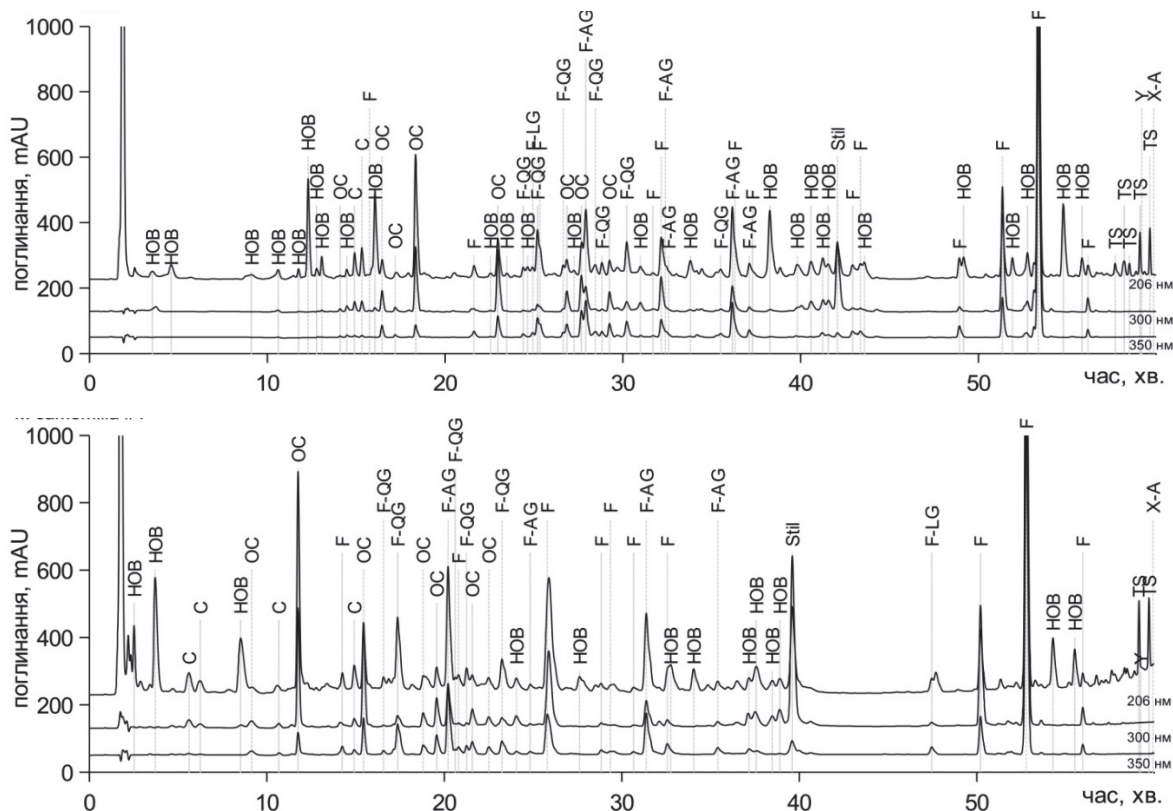


Рис. 3.3. Хроматографічний профіль поліфенольних сполук у надземній масі *M. chamomilla*: А – контроль; Б – опромінення в дозі 15 Гр.

Максимальний вміст флавонолів (26,71 мг/г) виявлено у варіанті опромінення в дозі 15 Гр. Також значна стимуляція вмісту похідних апігеніну (5,20 мг/г) і лютеоліну (0,33 мг/г) спостерігалася за опромінення насіння у 15 Гр, порівняно з контролем, а похідні кверцетину (2,99 мг/г) максимального значення досягли у варіанті 20 Гр (рис. 3.4).

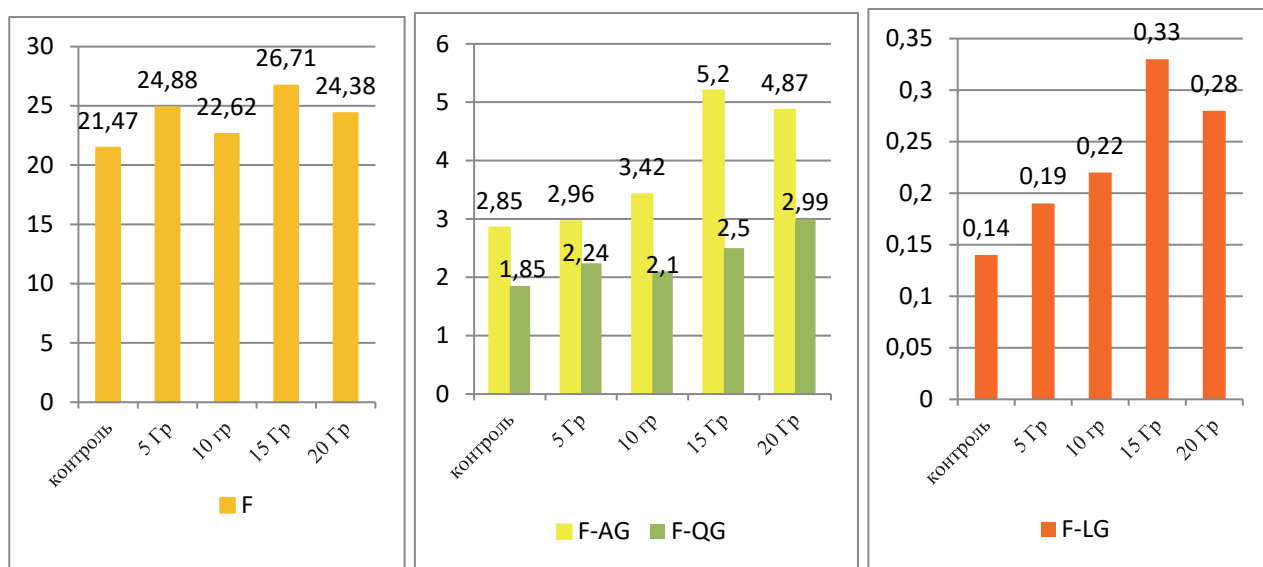


Рис. 3.4. Вміст поліфенольних сполук з групи флавоноїдів в суцвіттях *M. chamomilla*

F – флавонолів, F-AG – похідних апігеніну, F-QG – похідних кверцетину, F-LG – похідних лютеоліну, мг/г

Попередніми дослідженнями С.Пчеловської та ін. (2018) і D.Sokolova et al. (2024) доведено, що збільшення синтезу флавоноїдів відбувається під впливом рентгенівського опромінення в дозі 10 Гр. Наші результати мають максимальні значення у варіанті опромінення в дозі 15 Гр. Така розбіжність може бути наслідком використання різних розчинників для екстрагування: у вище згаданих авторів аналізувалися екстракти в 70% етанолі, ми використовували метанольні екстракти для аналізу ВЕРХ.

Окрім флавоноїдів, зі складу поліфенолів виявлено похідні карбонових та гідроксибензойних кислот (НОВ), кумарини (С), оксикоричні кислоти (ОС), стилбеноїди (Stil) та катаболіти хлорофілів (Х-А, Х-В) і каротиноїди (Y) (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Вміст поліфенольних сполук у суцвіттях *M. chamomilla*
залежно від дози опромінення насіння

Варіант	НОВ	С	ОС	Stil	X-A	X-B	Y
Контроль	8,23	0,26	0,89	1,33	0,08	0,06	0,17
5 Гр	9,25	0,35	1,20	2,07	0,09	0,07	0,20
10 Гр	7,11	0,25	0,90	1,96	0,10	0,07	0,32
15 Гр	7,33	0,54	4,49	3,49	0,10	0,08	0,21
20 Гр	6,83	0,57	5,58	1,55	0,09	0,10	0,23

Примітка: НОВ – похідних карбонових та гідроксибензойних кислот, ОС – оксикоричних кислот, С – кумаринів, Stil – стилбеноїдів, X-A – катаболітів хлорофілу А, X-B – катаболітів хлорофілу В, Y – каротиноїдів, мг/г

Стабільного стимулюючого впливу опромінення на вміст НОВ виявлено не було. Кумаринів в усіх варіантах дослідів було більше, ніж у контролі і становили найвищі значення при 15 і 20 Гр на 108 і 119 % відповідно. Така ж реакція на опромінення спостерігалася за вмістом ОС, коли у варіантах 15 і 20 Гр їх кількість переважала контроль у понад 5 і 6 разів відповідно. Вміст стилбеноїдів також збільшувався внаслідок опромінення насіння – найбільше зростання спостерігалася за дози 15 Гр (у 2,5 рази).

Збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів є індикатором інтенсифікації продукційних процесів. В суцвіттях *M. chamomilla*, як і в інших досліджуваних видів, виявили зростання кількості катаболітів хлорофілів *a* і *b*, а також каротиноїдів. Максимальне їх значення переважало контрольне на 25, 67 і 88% відповідно (див. табл. 3.4).

3.1.2. Вплив передпосівного радіаційного опромінення на якість та продуктивність фітосировини *Hypericum perforatum* (звіробой звичайного)

Метою досліджень на даному етапі було визначення доз передпосівного рентгенівського опромінення насіння *H. perforatum*, які б мали позитивний вплив на продуктивність цієї лікарської рослини в культурі та вміст основних біологічно активних сполук. У 2024 році рослини, що були висіяні у

попередньому сезоні, досягли генеративного стану (рис. 3.5). З них відбирали проби біомаси у фазі масового цвітіння.

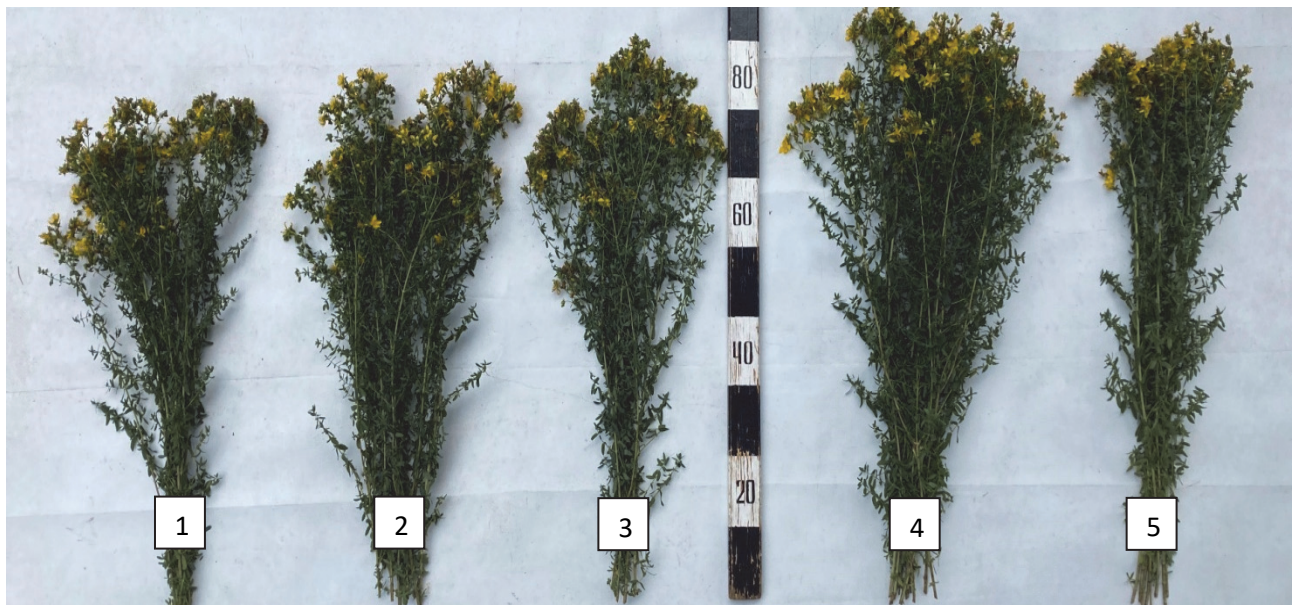


Рис. 3.5. Надземна маса однієї рослини *H. perforatum* (звіробой звичайного) другого року вегетації: 1 – контроль; 2 – експозиція 5 Грей; 3 – експозиція 10 Грей; 4 – експозиція 15 Грей; 5 – експозиція 20 Грей.

За даними морфометричного аналізу визначено, що найбільша продуктивність однієї рослини за надземною масою становила в середньому 316 г у варіанті опромінення в дозі 15 Гр, що 2,8 рази переважає контрольний показник. Під впливом опромінення насіння спостерігали збільшення кількості пагонів на одну рослину – найбільше їх зафіксовано у варіанті у 15 Гр (11,6 шт. в середньому). Також рослини за умов опромінення у 15 Гр були найвищими і досягали в середньому 100,6 см (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Біометричні показники рослин *H. perforatum*
другого року життя у фазі квітування

Варіант	Висота рослин, см	Кількість пагонів, шт./рослину	Маса надземної частини рослини, г/рослину
Контроль	82,8±2,2	4,8±1,5	115±33,9
5 Гр	81,2±5,5	5,2±1,3	195±70,6
10 Гр	81,2±7,8	6,6±2,2	141±36,0
15 Гр	100,6±5,0	11,6±3,0	316±79,2
20 Гр	94,8±3,0	6±1,9	117±69,2

Продуктивний потенціал рослин, як правило, тісно пов'язаний із рівнем фотосинтетичних можливостей. У дворічних рослин *H. perforatum*, вирощених з опроміненого насіння, визначили вміст фотосинтетичних пігментів в листках під час цвітіння. Виявлено, що найбільший вміст хлорофіла *a* притаманний варіанту, де насіння опромінювали в дозі 15 Гр, та становив 2,08 мг/г, що перевищило контроль у 1,2 рази (рис. 3.6). Як хлорофіл *a*, так і хлорофіл *b* був суттєво більшим – у порівнянні з контрольним значенням у варіантах 5, 15 та 20 Гр. Встановлено кореляційну залежність між масою надземної частини одної рослини та вмістом хлорофілу *a*, кореляційний коефіцієнт якої становить 0,59 ($p < 0.001$). Коефіцієнт кореляції між масою надземної частини і кількістю хлорофілу *b* дорівнює 0,62 ($p < 0.001$), що також свідчить про пряму взаємозалежність цих параметрів.

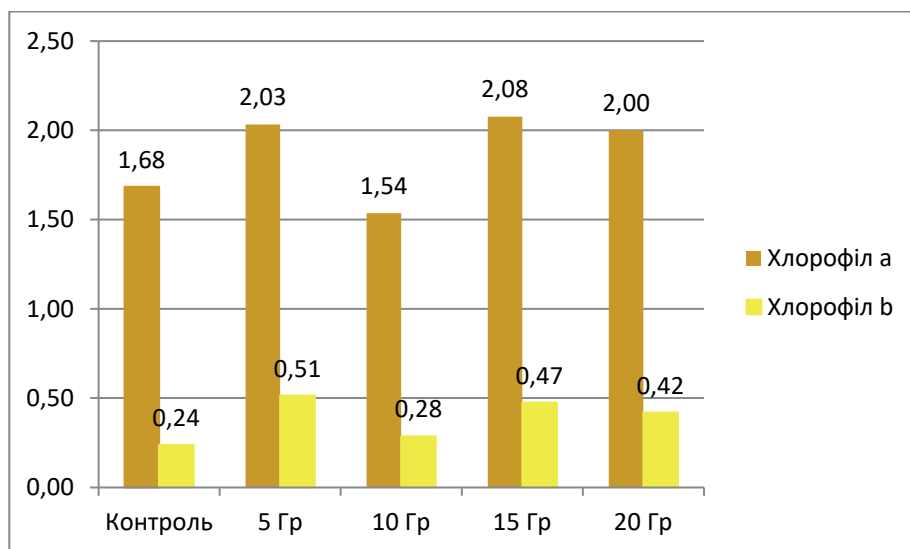


Рис. 3.6. Склад та вміст фотосинтетичних пігментів листків *H. perforatum* залежно від інтенсивності передпосівного опромінення насіння, мг/г.

Загальний вміст фенольних сполук у надземній масі *H. perforatum* за різних доз передпосівної обробки насіння має свої особливості та демонструє зниження зі зростанням дози опромінення (рис. 3.7). Візуально продемонстровано на діаграмі, що максимальна кількість поліфенолів синтезувалася у контрольних рослинах і була найвищою (20,99 мгГал/мл). Натомість опромінення призвело до зменшення концентрації фенольних сполук у варіантах 15 і 20 Гр до 19,07 і 19,11 мгГал/мл відповідно.

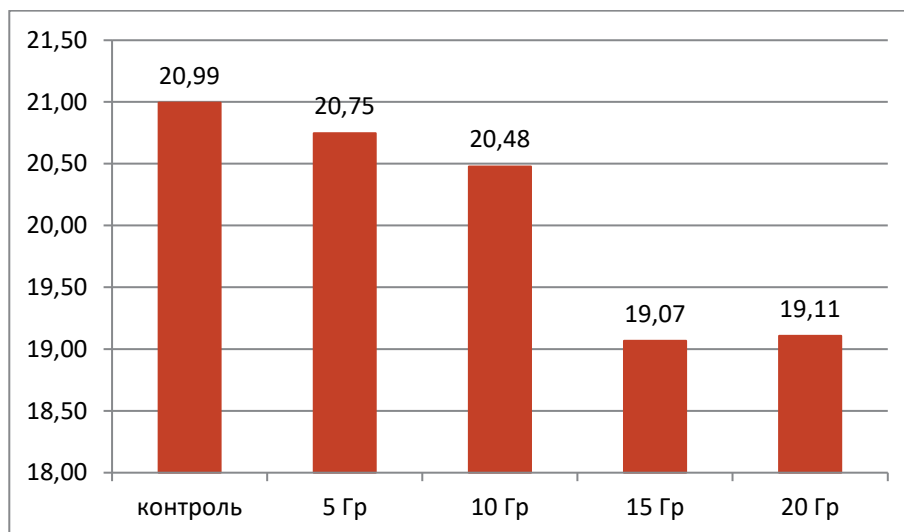


Рис. 3.7. Загальний вміст фенольних сполук у надземній масі *H. perforatum* залежно від дози опромінення насіння, мгГал/мл

Вміст окремих груп фенольних сполук у надземній масі *H. perforatum* визначали методом рідинної хроматографії та встановили закономірності впливу різних доз радіаційного опромінення (рис 3.8).

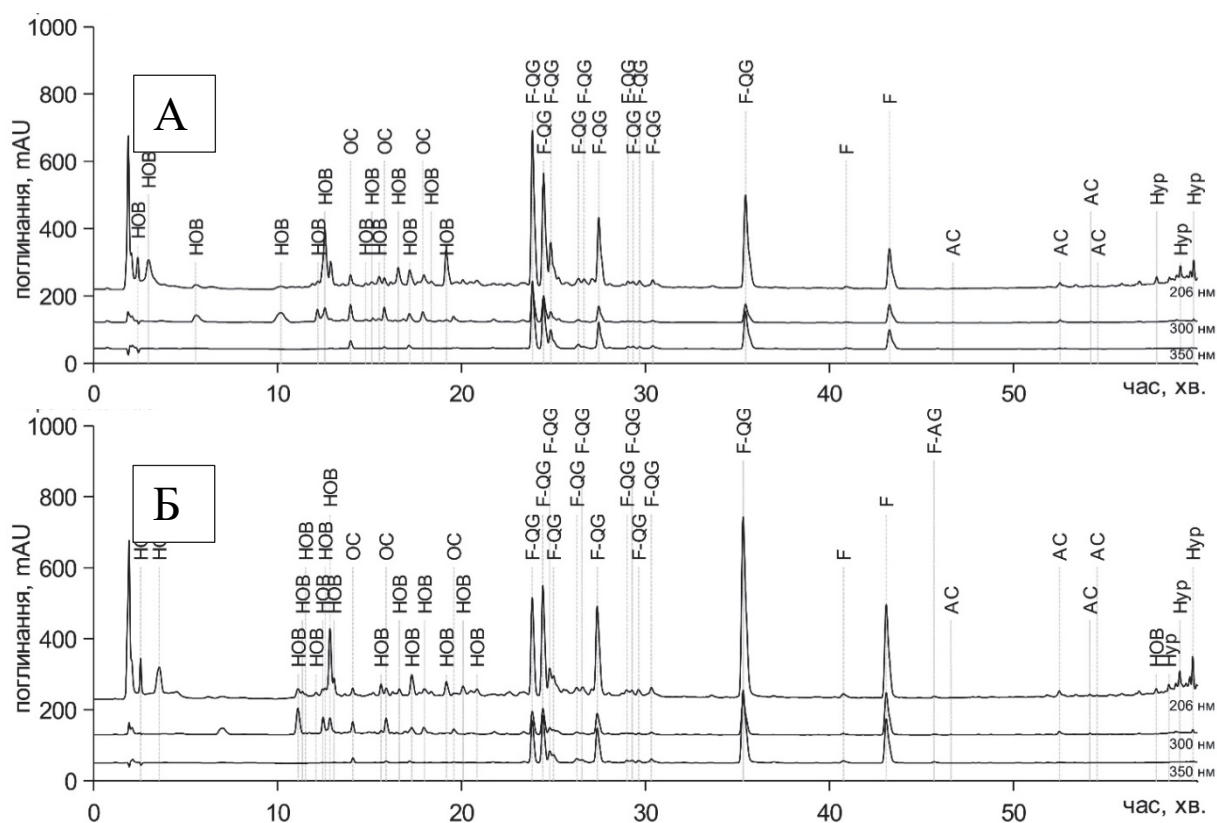


Рис. 3.8. Хроматографічний профіль поліфенольних сполук у надземній масі *H. perforatum*: А – контроль; Б – опромінення в дозі 15 Гр.

Серед сполук фенольної природи домінували похідні кверцетину (F-QG), їх вміст становив 6,35–9,36 мг/г залежно від дози передпосівного опромінення (табл. 3.6). Найбільше їх було у варіантах 5 і 20 Гр – відповідно 9,36 і 8,33 мг/г. Флавоноли містилися у кількості 0,80–1,79 мг/г та мали тенденцію до зменшення зі збільшенням дози опромінення. Наступні групи фенольних сполук також мали максимальну кількість у контрольних рослинах: похідні карбонових і гідроксибензойних кислот (НОВ) – 3,75, гіперфорин та подібні з ним за структурою сполуки (Нур) – 1,28, монотерпеноїди та стерини (TS) – 0,95 мг/г. Опромінення у всіх варіантах призвело до зниження вмісту цих груп сполук. Вміст антоціанінів (АС) і оксикоричних кислот (ОС), як і похідних кверцетину, стимулювався опроміненням в дозі 5 Гр та становив, відповідно, 0,71 і 0,79 мг/г.

Таблиця 3.6

Вміст поліфенольних сполук в надземній масі
H. perforatum залежно від дози опромінення насіння

Варіант	F-QG	F	НОВ	Нур	TS	АС	ОС
контроль	7,67	1,79	3,75	1,28	0,95	0,65	0,39
5 Гр	9,36	1,67	3,41	1,26	0,82	0,71	0,79
10 гр	6,35	1,01	2,35	0,67	0,55	0,47	0,42
15 Гр	7,00	0,80	3,02	0,78	0,77	0,44	0,58
20 Гр	8,33	0,93	3,53	0,86	0,76	0,40	0,62

Примітка: F-QG – похідних кверцетину, F – флавонолів, НОВ – похідних карбонових та гідроксибензойних кислот, Нур – гіперфорину та подібних за структурою сполук, TS – монотерпеноїдів і стеринів, АС – антоціанінів, ОС – оксикоричних кислот, мг/г.

Значний стимулюючий ефект радіаційного опромінення спостерігався лише на вмісті катаболітів хлорофілу *a* (Х-А) і каротиноїдів (Y), який був максимальним у варіанті в дозі 20 Гр – 0,031 та 0,045 мг/г відповідно (рис. 3.9).

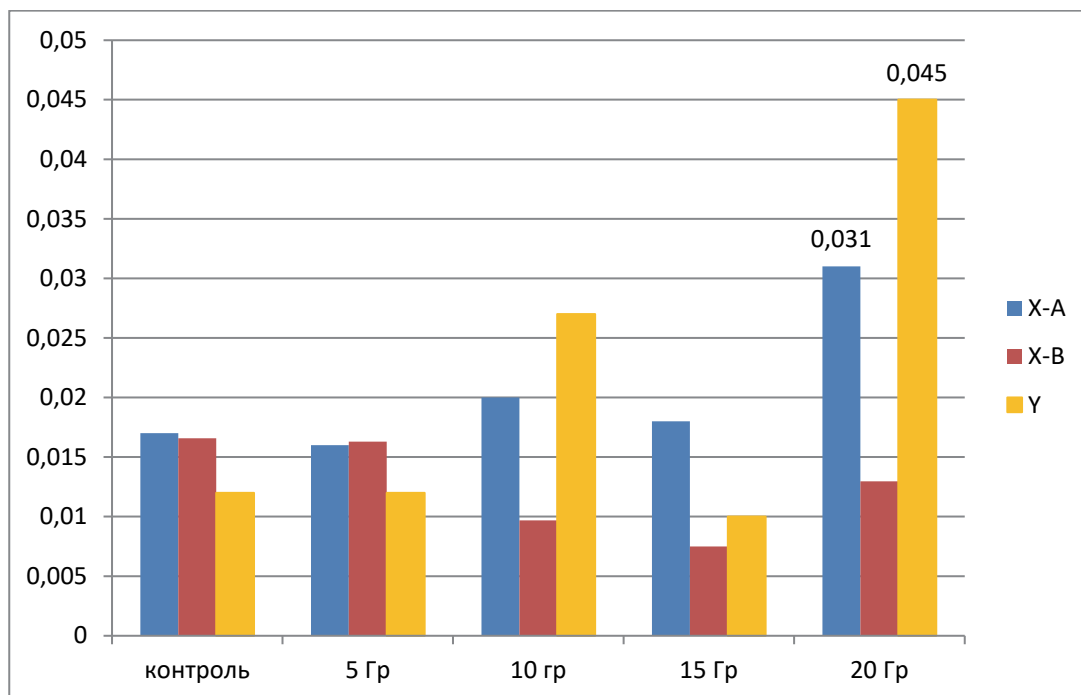


Рис. 3.9. Вміст катаболітів хлорофілу *a* і *b* (X-A і X-B) та каротиноїдів (Y) в надземній масі *H. perforatum* у фазу масового цвітіння залежно від дози опромінення, мг/г.

Проведено також ряд біохімічних досліджень з метою виявлення впливу радіаційного передпосівного опромінення насіння на вміст окремих компонентів. Під час цвітіння *H. perforatum* аналізували термінальну частину пагонів, де зосереджено основну масу суцвіття. Результати досліджень свідчать про те, що вміст сухої речовини у фітосировині змінювався від 27,4 до 29,4 % (табл. 3.7). Вплив опромінення не мав характерної дії: у більшості варіантах дещо зменшувався її вміст, і лише у варіанті з дозою 10 Гр спостерігали підвищення вмісту сухої речовини.

Концентрація загального цукру та моноцукрів мала тенденцію до зменшення внаслідок збільшення дози опромінення. У контрольних рослин виявлено найбільший вміст загального цукру (4,7%) і моноцукрів (4,0%). Натомість радіаційне опромінення стимулювало вміст аскорбінової кислоти, якої найбільше містилося у варіанті 20 Гр і становило у 1,7 разів більше, ніж у контролі.

Вміст дубильних речовин підвищувався під дією опромінення у дозах 5–15 Гр та досягав максимального значення (0,85 %) у варіантах 5 і 15 Гр.

Таблиця 3.7

Біохімічний склад суцвіть
H. perforatum залежно від дози опромінення насіння

Компонент	Доза опромінення				
	контроль	5 Гр	10 Гр	15 Гр	20 Гр
Вміст сухої речовини, %	28,8±0,2	28,5±0,5	29,4±0,1	28,5±0,7	27,4±0,9
Вміст загального цукру, %	4,7±0,04	4,3±0,10	3,6±0,09	3,8±0,09	3,5±0,16
Вміст моноцукрів, %	4,0±0,03	3,6±0,05	3,1±0,09	3,2±0,02	3,3±0,08
Аскорбінова к-та, мг %	84,6±6,5	101,5±4,0	123,8±3,8	102,1±3,3	147,1±3,4
Титрована к-ть, %	2,3±0,1	2,1±0,2	2,0±0,0	1,1±0,1	1,8±0,2
Дубильні р-ни, %	0,70±0,02	0,85±0,02	0,74±0,01	0,85±0,01	0,62±0,02
Ліпіди, %	5,6±0,2	5,4±0,3	6,8±0,7	6,5±0,4	6,5±0,1
Зола, %	9,7±0,5	14,8±0,1	10,2±0,4	20,1±0,9	7,9±0,8
Кальцій, %	1,7±0,1	1,0±0,1	1,0±0,2	1,3±0,1	1,4±0,0
Фосфор, %	0,97±0,06	2,12±0,02	1,26±0,00	0,82±0,01	1,42±0,02

Також внаслідок дії опромінення в дозі 15 Гр майже удвічі збільшувався вміст золи. Позитивний вплив радіаційних променів виявлено і на вміст ліпідів, їх кількість збільшилася на 0,9–1,2% у варіантах 10, 15 і 20 Гр (див. табл. 3.7).

Дані морфометричного аналізу надземної частини рослин показали, що передпосівна обробка насіння звіробою радіоактивними променями у дозі 15 Гр дозволяє підвищити продуктивність біомаси рослин за рахунок збільшення висоти і кількості пагонів рослини. Вміст фотосинтетичних пігментів позитивно корелюється з продуктивністю надземної маси рослин. Значного збільшення вмісту поліфенольних сполук у надземній масі під час цвітіння методом гострого передпосівного опромінення насіння досягти не вдалося.

3.1.3. Біотехнологічні аспекти культивування *Achillea millefolium* (деревію звичайного)

Досліджували можливість збільшення вмісту цільових сполук шляхом гострого опромінення насіння лікарських рослин. З метою обрання найбільш ефективного діапазону доз радіаційного опромінення, яке б дозволило збільшити продуктивність лікарської сировини *A. millefolium* та цільових сполук, порівнювали варіанти від 5 до 20 Гр і контрольних рослин.

Рослини *A. millefolium*, насіння яких піддавалося дії іонізуючого опромінення у перший рік вегетування, перейшли до генеративного стану розвитку і утворили значну надземну масу (рис. 3.10).

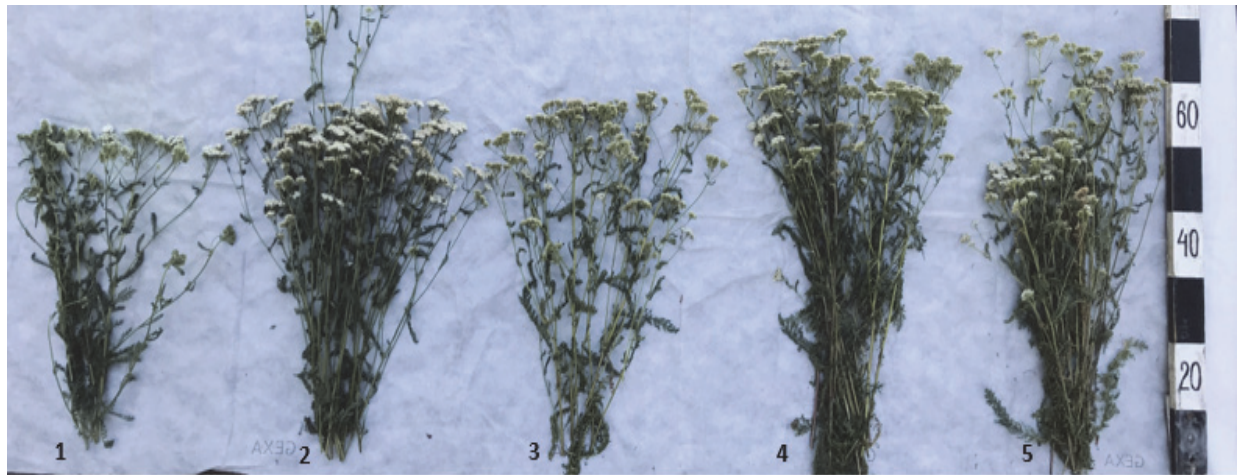
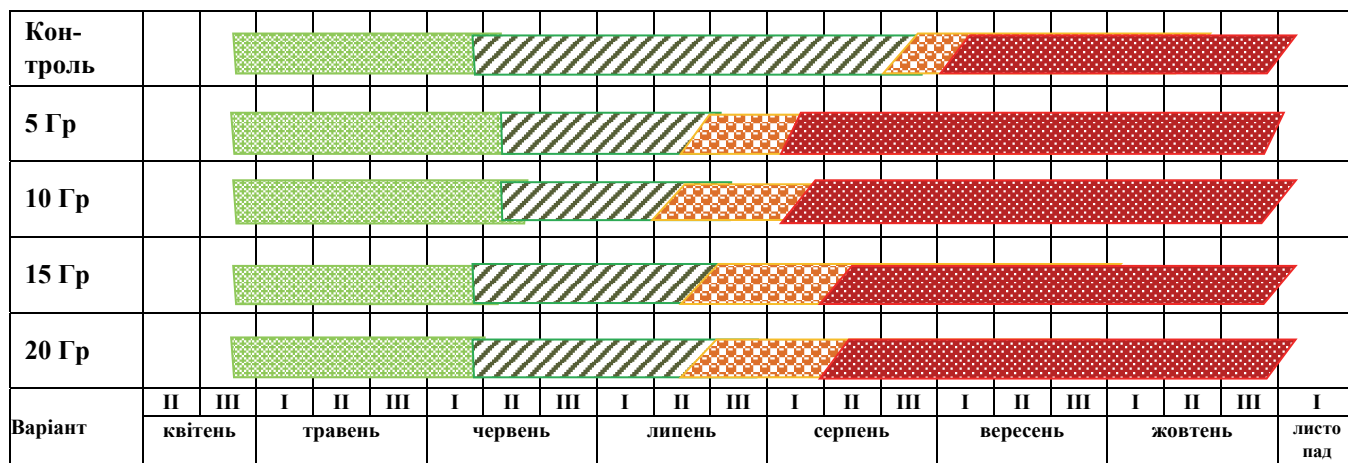


Рис. 3.10. Надземна маса рослин *A. millefolium* першого року вегетації (2023 р.): 1 – контроль; 2 – експозиція 5 Грей; 3 – експозиція 10 Грей; 4 – експозиція 15 Грей; 5 – експозиція 20 Грей.

Дослідні рослини вступили у фазу бутонізації набагато раніше, ніж контрольні – різниця становила 35–40 діб. Найшвидше настала фаза цвітіння у варіантах 5 і 10 Гр – у першій декаді серпня, контрольні рослини почали квітнути на початку вересня. На основі фенологічних спостережень можемо констатувати, що передпосівна радіаційна обробка насіння стимулювала прискорення переходу рослин *A. millefolium* до генеративного вікового стану (рис. 3.11). Найефективнішими були варіанти з експозицією 5 і 10 Гр.

З метою оцінки ефективності радіаційного опромінення для збільшення продуктивності лікарської сировини порівнювали варіанти експозиції різної потужності та контрольних рослин.



Фази розвитку: проростання вегетативна бутонізація цвітіння

Рис. 3.11. Феноспектри *A. millefolium* у перший рік життя (2023 р.).

Виявлено, що найвищими під час квітування були рослини деревію, насіння яких піддавалися дії опромінення з експозицією 10 Гр. Їхня висота становила в середньому 59,6 см (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Біометричні показники рослин
A. millefolium першого року життя у фазі цвітіння

Варіант	Висота рослин, см	Кількість пагонів, шт.	Маса надземної частини одної рослини, г
Контроль	45,0±1,8	2,0±0,8	39±8
5 Гр	57,6±6,5	9,2±1,3	118±19
10 Гр	59,6±1,7	5,2±1,6	72±13
15 Гр	58,3±9,0	8,3±2,9	120±48
20 Гр	49,8±8,3	6,6±2,4	46±29

Найнижчими показниками відзначилися контрольні рослини та у варіанті 20 Гр – 45,0 та 49,8 см відповідно.

Кількість пагонів також варіювала від 1 до 14. Найвищі середні значення зафіксовано у варіанті експозиції 5 Гр, найменші – у контролі (див.табл. 3.8).

Маса надземної частини найбільш інтенсивно продукувалася рослинами з передпосівною обробкою у 15 та 5 Гр і становила 120 та 118 г з рослини відповідно. Найменше біомаси утворено контрольними рослинами – 39 г/шт. Зага-

лом, стабільно високі показники були притаманні рослинам у варіанті експозиції 15 Гр, а контрольні мали найнижчі значення біометричних параметрів.

Виявлено, що на другий рік вегетації найвищими під час квітучання були рослини деревію, насіння яких піддавалися дії опромінення в дозі 10 Гр (рис. 3.12). Їхня висота становила в середньому 102,6 см (табл. 3.9).



Рис. 3.12. Надземна маса однієї рослини *A. millefolium* (деревію звичайного) другого року вегетації: 1 – контроль; 2 – експозиція 5 Грей; 3 – експозиція 10 Грей; 4 – експозиція 15 Грей; 5 – експозиція 20 Грей.

Таблиця 3.9

Біометричні показники рослин
A. millefolium другого року життя у фазу квітучання

Варіант	Висота рослин, см	Кількість пагонів, шт./рослину	Маса надземної частини рослини, г/рослину
Контроль	80,0±9,8	17±5	249,6±82,0
5 Гр	91,4±6,5	27±8	302,8±134,5
10 Гр	102,6±4,9	28±15	386,4±347,9
15 Гр	98,6±5,8	29 ±9	317,6±168,0
20 Гр	88,2±6,5	31±17	308,0±119,1

Найнижчими показниками відзначилися контрольні рослини та у варіанті 20 Гр – 80,0 та 88,2 см відповідно. Аналіз даних за перший рік життя свідчить,

що вплив опромінення на біометричні показники рослин деревію мав аналогічні результати, оскільки також найбільшу висоту мали рослини у варіанті 10 Гр (59,6 см), найменшу – контрольні рослини (45,0 см).

Кількість пагонів на одній рослині на другий рік вегетації була найменшою у контролі та становила в середньому 17 шт. Більше їх утворювалося у рослин, що вирости з опроміненого насіння, проте значної різниці між варіантами не виявлено (див. табл. 3.9). У попередньому вегетаційному сезоні однорічні рослини також мали найменшу чисельність пагонів у контролі.

Найбільша продуктивність одної рослини за надземною масою виявлена у варіанті опромінення в дозі 10 Гр – в середньому 386,4 г (див. табл. 3.9). Це у 1,2 рази більше, ніж у контролі. Маса надземної частини у всіх варіантах досліджу була більшою за умов передпосівної обробки іонізуючим опроміненням, що спостерігалось як у перший, так і у другий рік вегетації рослин *A. millefolium*.

Дані морфометричного аналізу показали, що передпосівна обробка насіння деревію радіоактивними променями дозволяє підвищити продуктивність біомаси рослин за рахунок збільшення висоти та кількості пагонів на рослині, проте вибір оптимальної дози опромінення має залежати від її здатності стимулювати синтез цінних сполук, що мають значення як для фармацевтичного виробництва, так і для життєзабезпечення рослинного організму. Найбільше цінних біологічних активних сполук належить до групи поліфенолів. Крім того, реакція на опромінення може мати видоспецифічний характер.

Результати визначення вмісту хлорофілів у листках та загального вмісту фенольних сполук у суцвіттях *A. millefolium* під час квітнування наведено на діаграмах (рис. 3.13 і 3.14).

Вміст хлорофілів визначали в листках, оскільки їх концентрація свідчить про інтенсивність процесів фотосинтезу та продуктивний потенціал досліджуваних рослин. Виявлено, що найбільший вміст хлорофілу а притаманний варіантам, де насіння опромінювали в дозах 5 і 20 Гр, та становив 1,84 і 1,81 мг/г відповідно.

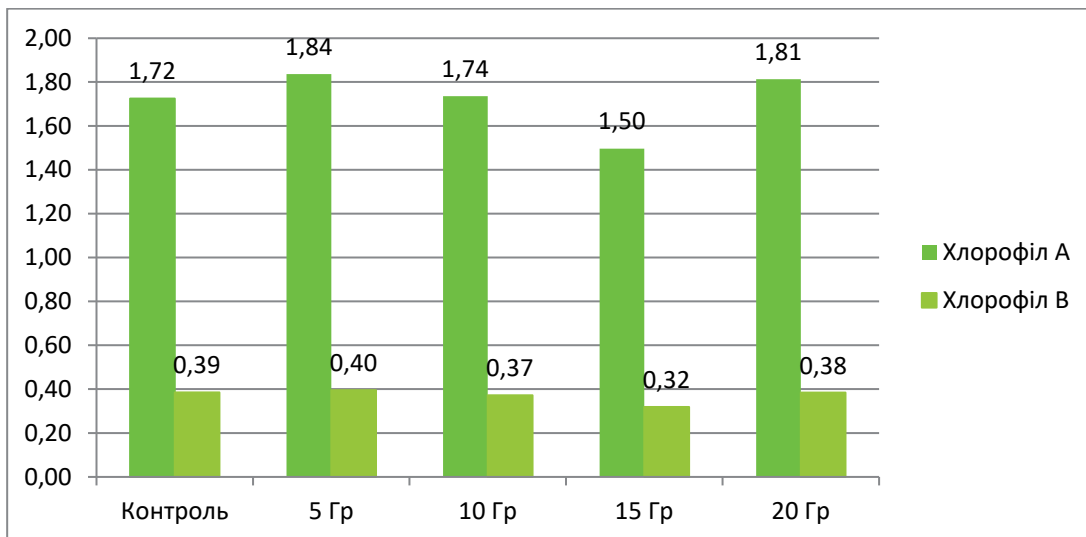


Рис. 3.13. Склад та вміст фотосинтетичних пігментів листків *A. millefolium* залежно від інтенсивності передпосівного опромінення насіння, мг/г

Найнижче значення мали рослини у варіанті 15 Гр (1,50 мг/г). Реакція вмісту хлорофілу *b* на різні дози радіаційного опромінення була аналогічною з найменшим значенням у варіанті 15 Гр та незначною відмінністю з контрольними рослинами.

Загальний вміст фенольних сполук у суцвіттях *A. millefolium* за різних доз передпосівної обробки насіння відрізнявся з такою ж закономірністю, що і хлорофіли. Візуально продемонстровано на діаграмі (рис. 3.14), що максимальна кількість поліфенолів синтезувалася у варіантах 5 і 20 Гр (14,44 і 14,56 мгГал/мл).

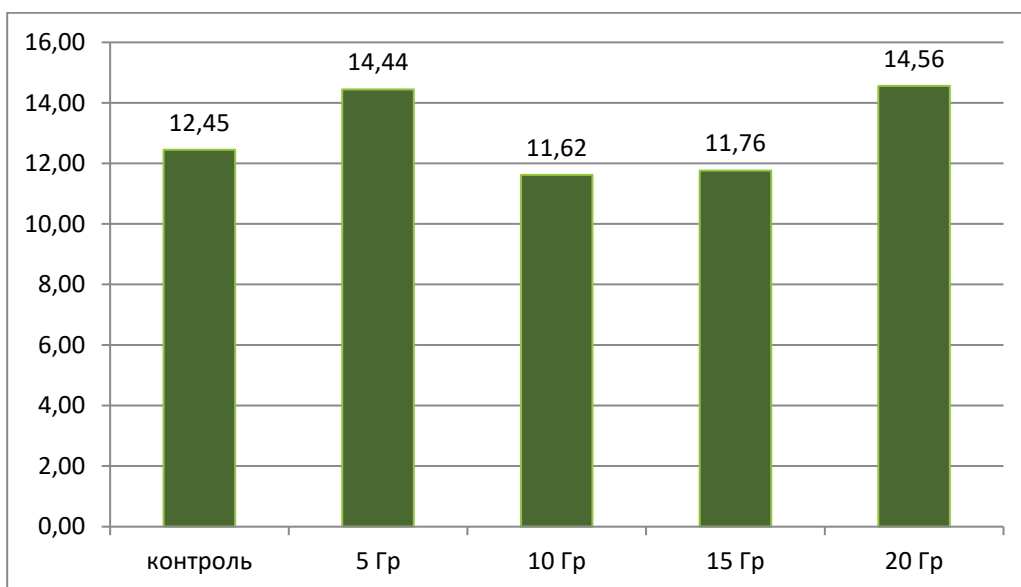


Рис. 3.14. Загальний вміст фенольних сполук у суцвіттях *A. millefolium* залежно від дози опромінення насіння, мгГал/мл.

Аналізуючи вміст окремих груп фенольних сполук у суцвіттях *A. millefolium* методом рідинної хроматографії, виявили закономірності впливу різних доз радіаційного опромінення (рис. 3.15).

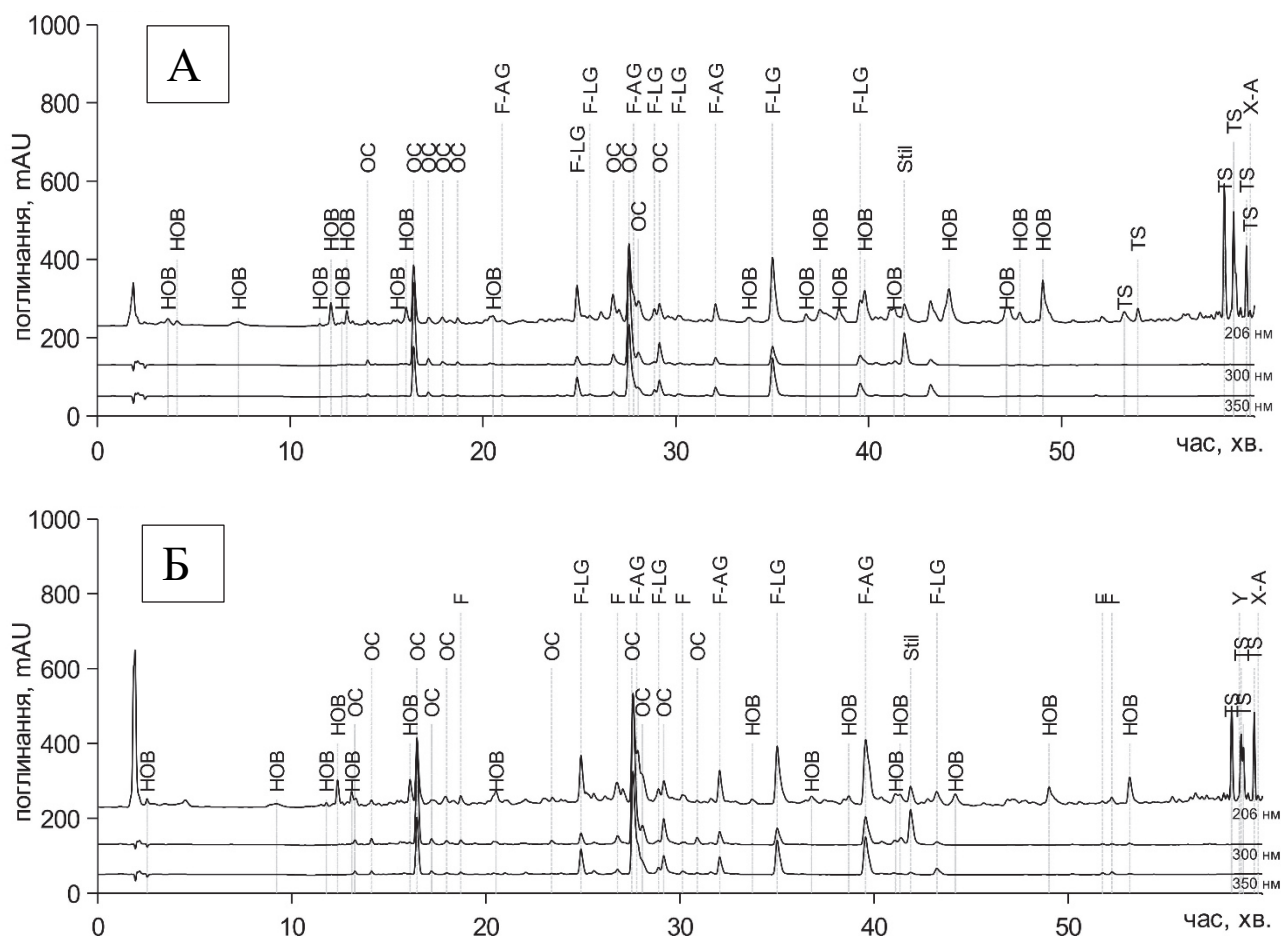


Рис. 3.15. Хроматографічний профіль поліфенольних сполук в суцвіттях *A. millefolium*: А – контроль; Б – опромінення в дозі 10 Гр.

Серед сполук фенольної природи домінуючими є ті, що належать до похідних карбонових та гідроксибензойних кислот (НОВ), оксикоричних кислот (ОС), монотерпеноїдів і стеринів (ТС). Їх кількість коливається в межах 2,0–4,5 мг/г (рис. 3.16). Суттєву стимулюючу дію опромінення спричинило на вміст оксикоричних кислот, основним компонентом яких у *A. millefolium* є хлорогенова кислота (Benedec et al., 2015). Порівняно із контролем, де в суцвіттях виявлено оксикоричних кислот 3,17 мг/г, у варіантах досліді було від 3,76 до 4,05 мг/г. Найвище значення при цьому виявлене у варіанті опромінення у 10 Гр (див. рис. 3.16).

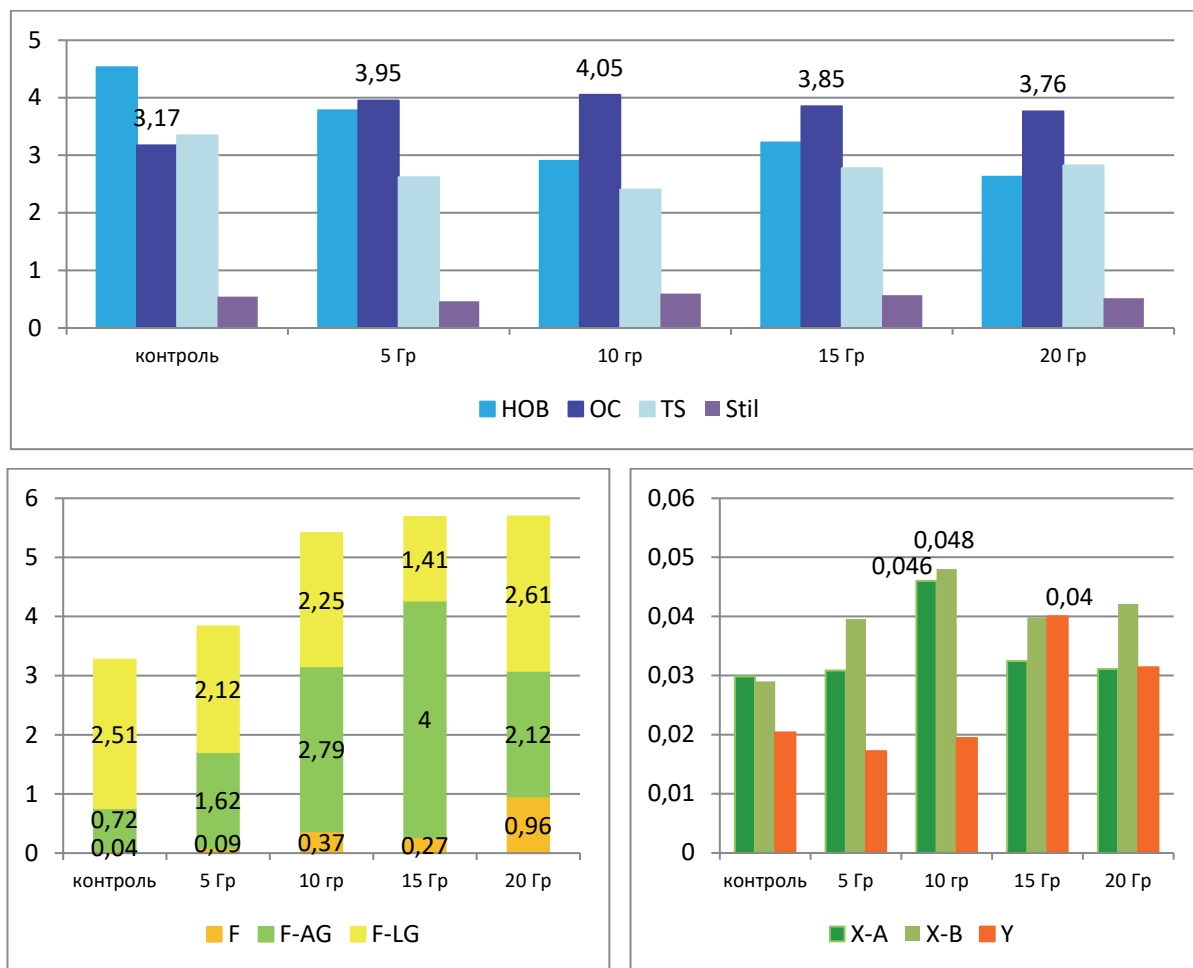


Рис. 3.16. Вміст поліфенольних сполук у суцвіттях *A. millefolium*

НОВ – похідних карбонових та гідроксибензойних кислот, OC – оксикоричних кистлот, TS – монотерпеноїдів та стеринів, Stil – стилбеноїдів, F – флавонолів, F-AG – похідних апігеніну, F-LG – похідних лютеоліну, X-A і X-B – катаболіти хлорофілів *a* і *b*, Y – каротиноїдів, мг/г

Серед флавоноїдів домінуючими компонентами є лютеолін та апігенін (Benedec et al., 2015). Це підтверджено і нашим дослідженням, в ході якого в контролі виявлено 0,72 мг/г похідних апігеніну (F-AG) і 0,21 мг/г похідних лютеоліну (F-LG). Передпосівна обробка насіння рентгенівськими променями суттєво вплинула на синтез похідних апігеніну – спостерігається збільшення кількості цих сполук у 2,3–5,6 раз. Максимальний стимулюючий ефект властивий для опромінення в дозі 15 Гр (див. рис. 3.16). Опромінення спричинило коливання кількості похідних лютеоліну, переважно знижуючи його вміст, проте в цілому це не викликало значного зменшення кількості флавоноїдів. Флавоноли (F), вміст яких розраховувався за рутином, становили незначну частку усіх флавоноїдів у суцвіттях деревію – 0,04 мг/г в контролі. Проте передпосівне опромінення насіння сприяло їх збільшенню у 6,8–24,0 рази.

Загальна кількість флавоноїдів значно підвищувалася внаслідок дії іонізуючих променів у дозах 10, 15 та 20 Гр.

Виявлено також позитивний вплив передпосівного опромінення насіння *A. millefolium* на збільшення катаболітів хлорофілів та каротиноїдів у суцвіттях (див. рис. 3.16). Кількість катаболітів як хлорофілу *a*, так і хлорофілу *b* зростала під впливом опромінення та була найвищою у варіанті 10 Гр – 0,046–0,048 мг/г відповідно. Вміст каротиноїдів суттєво збільшувався за дії опромінення у 15 і 20 Гр із максимальним значенням у варіанті 15 Гр (0,040 мг/г).

Біохімічні дослідження термінальної частини пагонів *A. millefolium* під час цвітіння виявили вплив радіаційного передпосівного опромінення насіння на вміст окремих компонентів. Результати аналізів здебільшого продемонстрували стимулюючу дію (табл. 3.10). Винятком був вміст сухої речовини та ліпідів – їх кількість переважала у контролі. Вміст загального цукру, моноцукрів і аскорбінової кислоти був найвищим у варіанті опромінення в дозі 10 Гр, що свідчить про найбільш інтенсивні процеси метаболізму у цих рослин.

Таблиця 3.10

Біохімічний склад суцвіть *A. millefolium*
залежно від дози передпосівного опромінення насіння

Показник	Доза опромінення				
	контроль	5 Гр	10 Гр	15 Гр	20 Гр
Вміст сухої речовини, %	35,1±0,1	34,3±0,6	32,5±0,4	32,8±0,4	32,0±0,2
Вміст загального цукру, %	4,6±0,23	4,6±0,15	6,0±0,17	5,0±0,17	5,1±0,17
Вміст моноцукрів, %	1,9±0,02	2,9±0,07	3,2±0,08	3,2±0,08	3,1±0,08
Аскорбінова к-та, мг %	25,0±1,0	24,5±1,0	30,1±2,2	28,8±1,1	25,1±1,1
Титрована к-ть, %	1,03±0,04	1,06±0,04	1,07±0,04	1,10±0,04	0,98±0,02
Дубильні р-ни, %	2,96±0,03	2,77±0,05	3,97±0,04	4,75±0,04	2,95±0,04
Ліпіди, %	7,1±0,1	4,9±0,3	6,3±0,6	3,0±0,4	6,7±0,3
Зола, %	7,7±0,1	7,7±0,3	6,3±0,1	9,4±0,4	7,4±0,4
Кальцій, %	1,1±0,1	1,3±0,1	1,2±0,0	1,3±0,0	1,0±0,0

У підсумку слід зазначити, що метод передпосівного опромінення насіння *A. millefolium* рентгенівськими променями є ефективним для збільшення вмісту в рослинах поліфенольних сполук: оксикоричних кислот, флавоноїдів, каротиноїдів та катаболітів фотосинтетичних пігментів. Найбільша їх концентрація досягається при опроміненні в дозі 10 і 15 Гр. Додатково збільшення виходу корисних для фармацевтичної промисловості біологічно активних сполук може бути досягнуто завдяки підвищенню продуктивності надземної маси за рахунок збільшення кількості пагонів та висоти рослин під впливом опромінення у 10 Гр.

3.2. Вплив передпосівного УФ- С опромінення на якість і продуктивність фітосировини *M. chamomilla*

Як зазначено вище, відомі способи передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур шляхом дії на нього іонізуючої радіації, електромагнітного поля, інфрачервоного, лазерного опромінення, що забезпечують приблизно однакове збільшення схожості та збільшення продуктивності на 15–20 % (Кравець та ін., 2021; Allothman et al., 2009). Біотехнологічне використання різних форм опромінення у малих дозах для переорієнтації метаболічних процесів рослин у необхідному для практики напрямку ґрунтується на системності захисних реакцій організму. Формування «немішених ефектів», включаючи індукцію захисних і адаптивних реакцій у неопромінених органах одного організму («abscopal effect») і навіть у неопромінених організмів, які знаходяться в одному середовищі з опроміненими («by stander effect»), дає можливість отримання продуктів захисних реакцій рослин в неопромінених структурах (Croft, 1998; Dai & Mumper, 2010).

Проведено дослідження впливу передпосівного УФ-С опромінення у малих дозах на підвищення продуктивності лікарської сировини (суцвіть) і вторинних метаболітів у екстрактах із лікарської сировини різних генотипів ромашки (Кравець та ін., 2021; Sokolova et al., 2021; Zhuk et al., 2021).

Дослідження, проведене із залученням різних генотипів ромашки лікарської як вітчизняної, так і західно-європейської селекції, показало різницю у них в інтенсивності практично корисного відгуку на опромінення різної природи.

Вибір дози УФ-С опромінення ґрунтувався на попередніх дослідженнях ефектів УФ-С опромінення, що давали однаковий із рідкоіонізуючим опроміненням у дозі 10 Гр вихід хромосомних аберацій, а також на побудові дозової залежності показника виходу антиоксидантів.

Упродовж експерименту вивчали проростання, ріст, динаміку цвітіння, сумарний вихід цільової продукції у рослин, що розвивалися з насіння, яке в сухому стані, безпосередньо перед посівом, піддавалося УФ-С опроміненню.

Як свідчать показники, наведені на рис. 1, стимуляція проростання, іншими словами ефект праймування, спостерігається не для всіх генотипів, включених в експеримент.

Ефект праймінгу, тобто стимуляція та синхронізація проростання дією різних стресових факторів інтенсивно вивчається нині. Окрім позитивного результату відзначається нестійкість проходження наступних етапів продукційного процесу, що зближує ефект праймування з іншими гормезисними ефектами (Sokolova et al., 2021). Гормезисні ефекти при проростанні за умов УФ-С опромінення спостерігаються у сорта Горал, мутанта сорту Перлина Лісостепу та екотипів Golden Garden і Seed Era. У них спостерігається найвища схожість серед УФ-С опромінених варіантів. Одночасно з високою схожістю для несортових рослин Seed Era відзначена висока загибель рослин, опромінених УФ-С при переході до фази цвітіння. Відзначимо, що в цілому, динаміка проростання різних сортів ромашки в умовах вегетаційного дослідження мала багатофазний характер.

Істотний вплив різних видів опромінення проявляється при переході рослин до цвітіння (рис. 3.17). У сортів Кведлінбург, Горал и Азулена спостерігаються чітко виражені максимуми появи суцвіть при УФ-С передпосівному опроміненні, на відміну від сортів Перлина Лісостепу, Злати Лан, мутант сорту Перлина Лісостепу, екотипів Golden Garden та Seed Era.

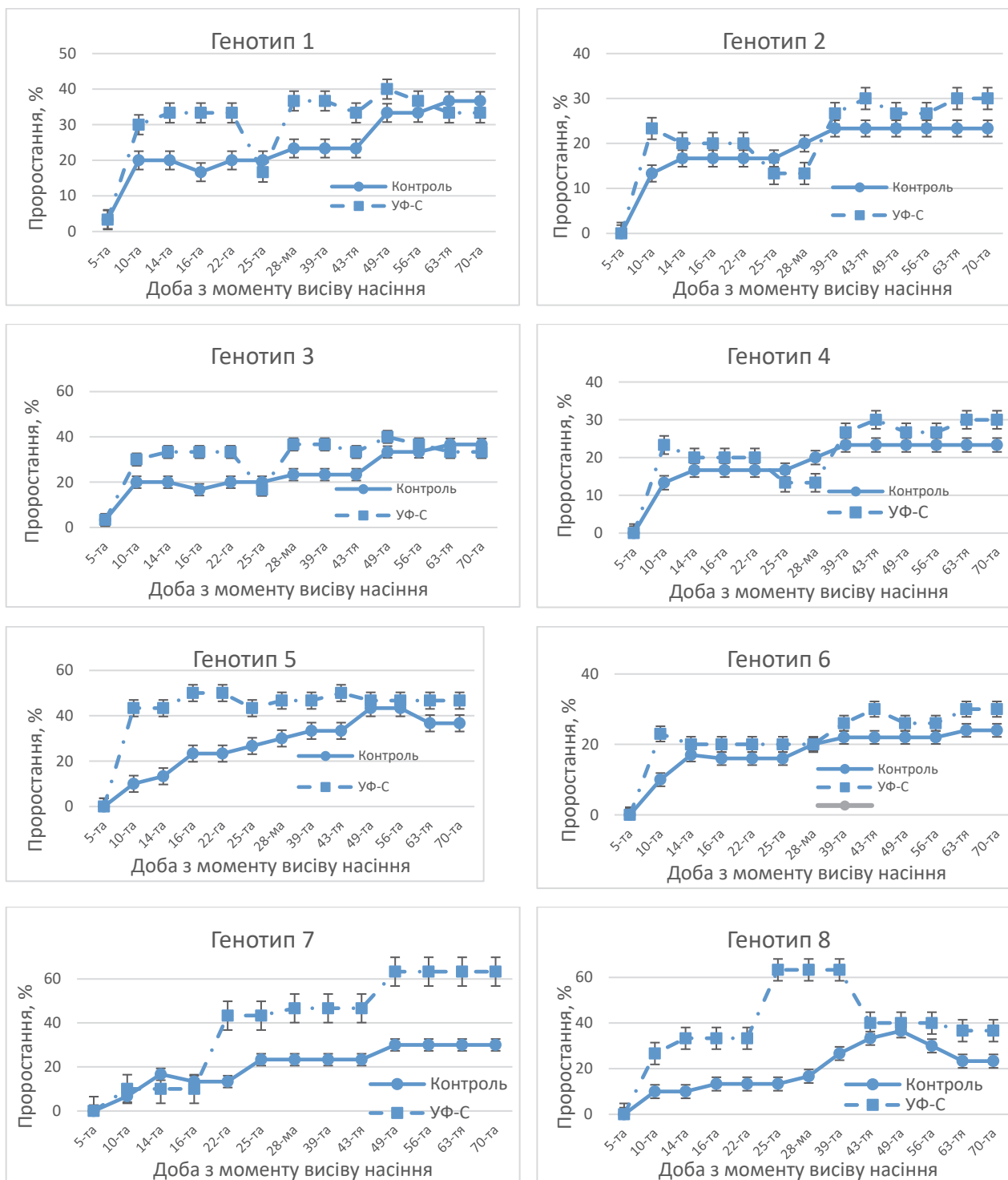


Рис. 3.17. Динаміка проростання насіння різних генотипів *M. chamomilla* за умов УФ-С опромінення, довірчий інтервал $P=0.95$

Як правило, час початку цвітіння та його кінетика у різних сортів за умови впливу різного опромінення сильно відмінні від контролю і між собою. Для мутанта Перлина Лісостепу (рис. 3.18, генотип 1) час початку цвітіння УФ-С-опромінених варіантів збігається з початком цвітіння контролю, однак має яскраво виражений максимум, що не спостерігається в контролі. Максимум

цвітіння УФ-С-опроміненого варіанту досягається із затримкою на 10 діб у порівнянні з контролем.

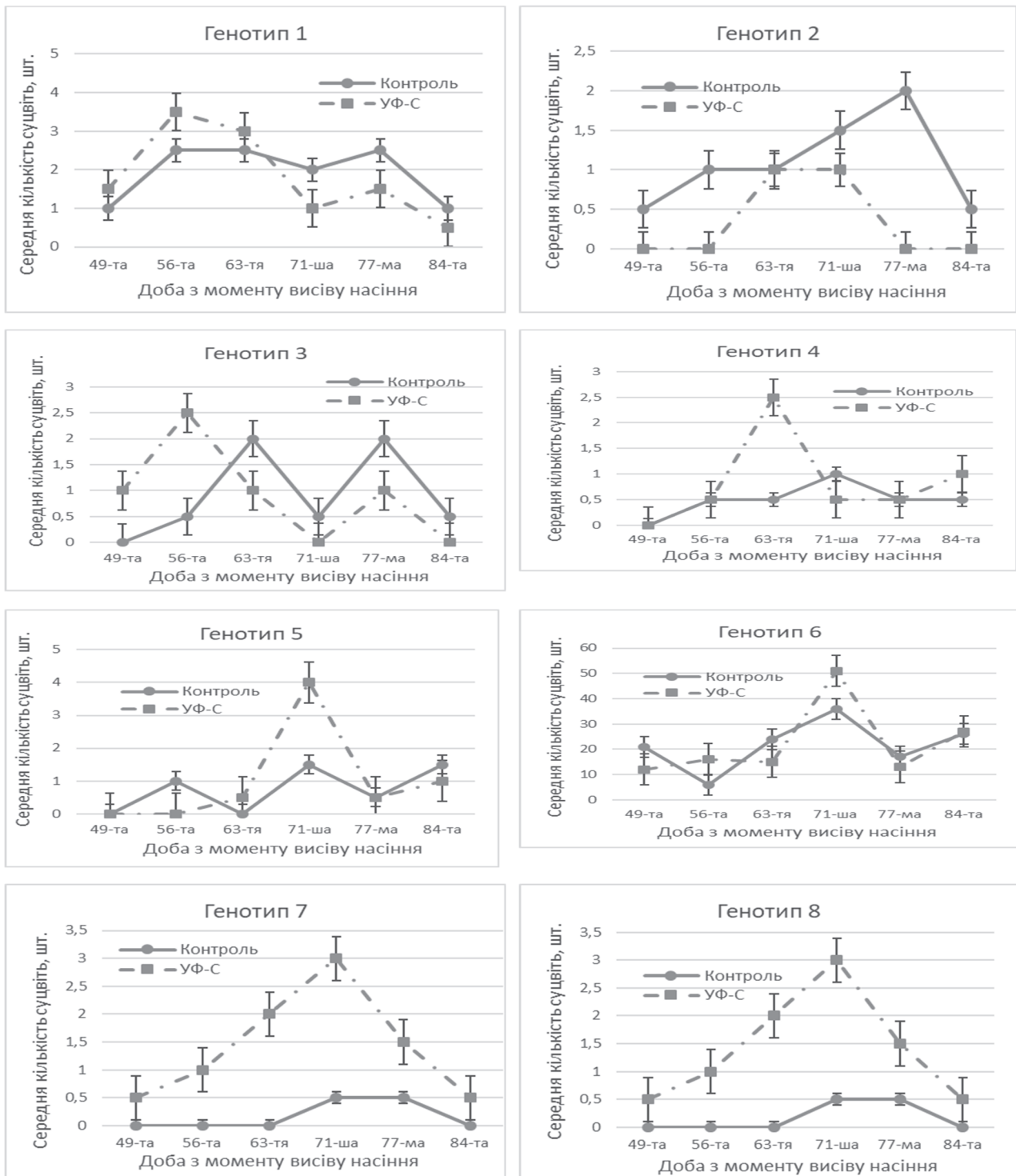


Рис. 3.18. Динаміка утворення суцвіть різними генотипами *M. chamomilla* за умов передпосівного УФ-С опромінення, довірчий інтервал $P=0.95$

У сорта Горал при однакових термінах переходу до цвітіння у всіх варіантів досліді спостерігається яскраво виражений максимум цвітіння

опромінених рослин і відносно стабільна динаміка формування квіток у контролі та при УФ-С опроміненні. У всіх варіантів рослин ромашки сорта Азулена перехід до цвітіння відбувається одночасно.

Важливим технологічним показником є продуктивність лікарської сировини (у даному випадку – суцвіть). Як показують оцінки, всі використані генотипи значно різняться за цією ознакою. Найбільшу продуктивність суцвіть контрольного варіанту мають рослини сорта Перлина Лісостепу, найнижчий – рослини екотипа Golden Garden. Отримані результати свідчать про різну ефективність впливу УФ-С опромінення на цей показник для різних генотипів. У сортів Перлина Лісостепу української селекції та Злати Лан польської селекції спостерігається значний ефект стимуляції при передпосівному УФ-С опроміненні насіння. Значна стимуляція, восьмикратне підвищення продуктивності цим видом опромінення спостерігається також у несортних рослин, запропонованих фірмою Golden Garden, а також мутанта сорта Перлина Лісостепу.

Зіставлення ефектів праймінга і підвищення цільової продуктивності свідчить про збіг цих показників у різних генотипів. У сорта Перлина Лісостепу при УФ-С опроміненні спостерігається незначний гормезисний ефект проростання і значна стимуляція утворення маси лікарської сировини. У сорта Горал спостерігається стимуляція проростання насіння УФ-С опроміненням. У сорта Злати Лан стимуляція проростання УФ-С опроміненням збігається з підвищенням продуктивності сировини у порівнянні з контролем. Отримані результати дослідження свідчать про різноманітність реакцій на опромінення у восьми генотипів *M. chamomilla*.

Відома різниця між первинними, так званими «мішенними» ефектами впливу УФ-С і іонізуючим опроміненням і, одночасно, подібність наслідків розвитку оксидативного стресу і механізмів репаративних процесів при цих двох типах опромінення (Кравець та ін., 2021; Zhuk et al., 2021). Відомо, що однією з форм адаптивної стратегії рослин є підвищення формування генеративних органів і фертильності вцілому. Різниця маси суцвіть різних генотипів, зібраної протягом сезону, непрямым чином вказує на різницю у формуванні стресових реакцій цих рослин при передпосівному УФ-С опроміненні (рис. 3.19).

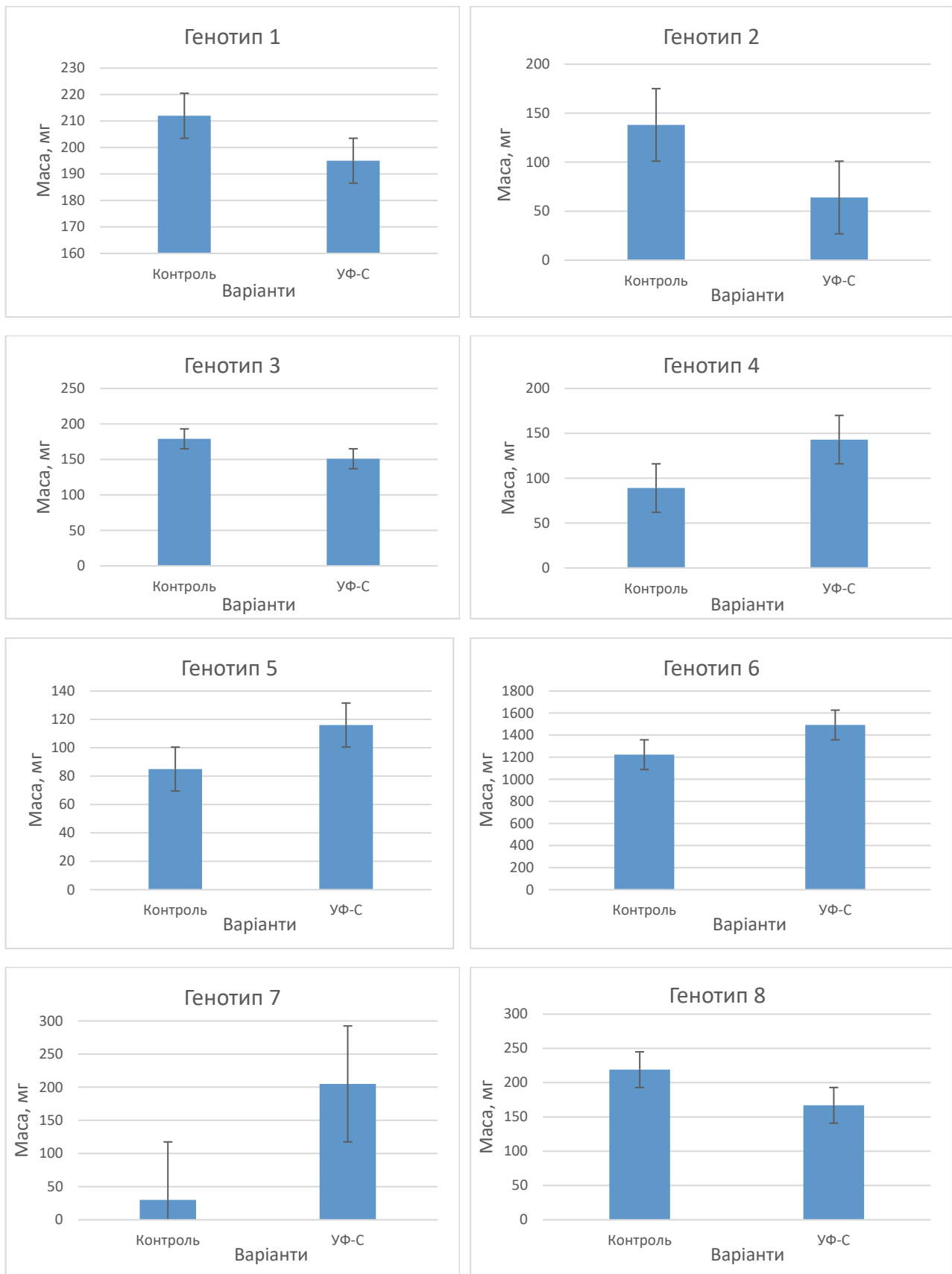


Рис. 3.19. Вплив УФ-С опромінення насіння на масу суцвіть *M. chamomilla*, зібраних упродовж сезону, довірчий інтервал $P=0.95$.

Враховуючи багатовимірність метаболічного відгуку на стрес рослинного організму, включаючи різну ефективність ферментативних і неферментативних антиоксидантних систем, наступним кроком дослідження, орієнтованого на підвищення фармацевтично важливих речовин, є вивчення продукції низькомолекулярних антиоксидантів.

Наступний етап дослідження був присвячений визначенню ефективності впливу передпосівного УФ-С опромінення насіння на вторинний метаболізм *M. chamomilla*. Як маркери перебудови вторинного метаболізму використаний вміст флавоноїдів. Попри різноманітність функцій цих сполук, які беруть участь у ряді блоків первинного метаболізму рослин (фотосинтез, утворення лігніну і суберину клітинних стінок), біохімія рослин відносить їх до продуктів вторинного метаболізму (Alothman et al., 2009; Croft, 1998; Winkel-Shirley, 2002), що відіграють роль захисних агентів у патогенезі рослин, а біологія тварин і рослин розглядає як низькомолекулярні антиоксиданти і найважливіші компоненти ендогенного фону радіочутливості (Zhuk et al., 2021).

Дослідження фокусувалося на аналізі ключових питань розробки біотехнології: оцінці вихідного рівня згаданих антиоксидантів у різних генотипів, інтенсивності їх відгуку на УФ-С опромінення, а також порівнянні динаміки утворення цільових сполук.

Як свідчать проведені оцінки (рис. 3.20), спостерігаються значні відмінності вмісту флавоноїдів у сухій масі суцвіть контрольних варіантів різних генотипів *M. chamomilla*. Найвищий початковий вміст цих антиоксидантів спостерігається у сортів Перлина Лісостепу і Горал, найнижчий – у сорту Златий Лан і екотипу Golden Garden.

Переважно у контролі всіх генотипів, за виключенням сорту Златий Лан, найвищий вміст флавоноїдів спостерігається на початку цвітіння, при першому відборі лікарської сировини. На відміну від контролю нагромадження флавоноїдів у рослин, що походять з опроміненого насіння, протягом цвітіння має немонотонний характер.

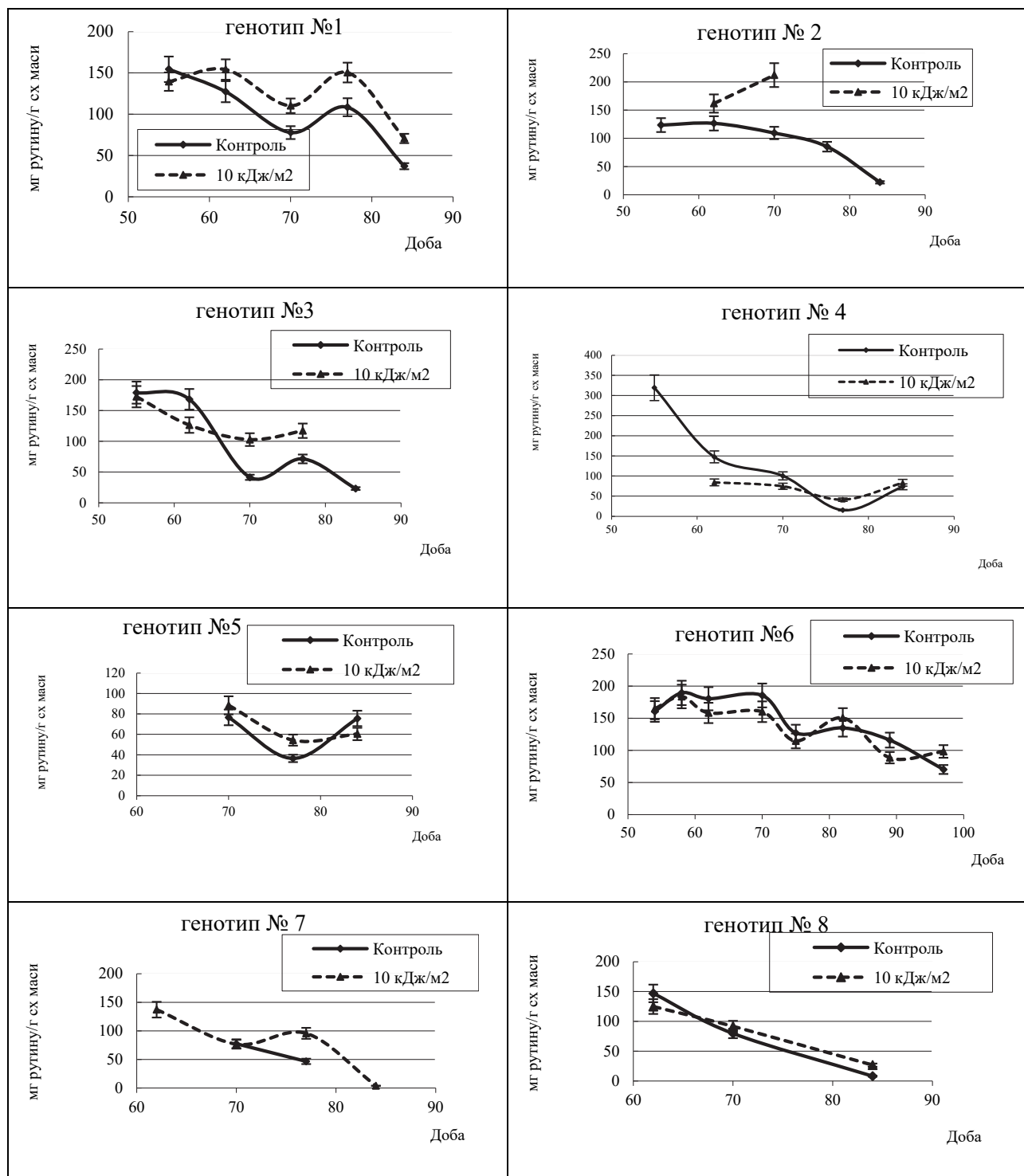


Рис. 3.20. Вміст флавоноїдів у суцвіттях *M. chamomilla* різних генотипів, вирощених із насіння, опроміненого УФ-С

1 – генеративне покоління мутанта сорту Перлина Лісостепу, 2 – Кведлінбург, 3 – Горал, 4 – Азулена, 5 – Злати Лан, 6 – Перлина Лісостепу, 7 – Golden Garden, 8 – Seed Era.

Визначено два максимуми вмісту флавоноїдів у суцвіттях рослин мутанта сорту Перлина Лісостепу на 62 і 77 доби після посіву. У сортів Кведлінбург та Горал максимальний вміст флавоноїдів у суцвіттях відзначено на 70 добу після опромінення насіння УФ-С. У рослин ромашки сорту Златий лан максимум

флавоноїдів у суцвіттях виявлено на 70 добу після посіву.

З практичної точки зору важливо, що ці підвищення питомого вмісту флавоноїдів у опромінених варіантів збігаються з максимальним утворенням суцвіть рослинами перерахованих вище генотипів. Цей ефект не спостерігається в контролі.

Таким чином, встановлено, що результатом передпосівного УФ-С опромінення є підвищення продуктивності лікарської сировини у переважній більшості генотипів ромашки лікарської європейської селекції, а також збільшення виходу фармацевтично цінних речовин групи флавоноїдів. Це дозволяє досягти вищої продуктивності за умов обмеженого земельного фонду лікарського рослинництва.

Спостерігаються значні відмінності у реакції рослин різних генотипів на передпосівне УФ-С опромінення. Головне, підтверджено можливість стимуляції утворення лікарських речовин за рахунок одночасного зростання виходу рослинної сировини та питомого вмісту цільових сполук.

Перевага біотехнологічного застосування УФ-С опромінення полягає у простоті необхідного обладнання (бактерицидні лампи з довжиною хвилі 253 нм) для опромінення сухого насіння, що, на відміну від іонізуючого опромінення, не потребує спеціальних приміщень та обмежувальних заходів.

3.3. Використання біопрепаратів для підживлення та підвищення продуктивності лікарських рослин на прикладі *M. chamomilla*

Використання біопрепаратів для підживлення та захисту рослин особливо важливе при культивуванні лікарських рослин, оскільки потрапляння пестицидів до лікувальної сировини є вкрай небажаним.

На наших дослідних ділянках для підживлення застосовували комплекс органічних препаратів BTU Biotech company (Україна): передпосівне внесення у ґрунт фосфор-калій мобілізатора Граундфікс в дозі 5 л/га, що підвищує доступність і рухомість у ґрунті макроелементів; під час сівби – обробка ґрунту комплексом препаратів Хелпрост (2 л/га), Органік-баланс (0,5 л/га) та Ліпосам

(0,5 л/га) (комплекс азотфіксуючих, фосфор-калій мобілізуючих і фунгіцидних бактерій); кореневе внесення тричі впродовж вегетації з інтервалом два тижні – Хелпрост (1 л/га), Органік-баланс (0,5 л/га), Гуміфренд (0,3 л/га) та Ліпосам (0,3 л/га) для покращення живлення, стимулювання розвитку та стійкості до грибкових захворювань.

Збір сировини *M. chamomilla* триває упродовж місяця, поки відбувається квітнення, до відмирання рослин. Збирання передбачає видалення суцвіть, причому рослинний організм реагує на травматичні процеси інтенсифікацією ростових і органотвірних процесів, або в стані депресії знижує продуктивність. Ми розглядали морфометричні та масові параметри в умовах видалення суцвіть і без – на прикладі рослин сорта Горал. Облік проводили наприкінці вегетації, коли завершилося формування системи пагонів та ростові процеси. Найбільші значення зафіксовано у варіанті опромінення 10 Гр, і ця закономірність повторювалася в кожному з варіантів, де застосовувалося підживлення та збирання сировини (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Висота рослин *M. chamomilla* сорта Горал наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, см

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	67,0±2,7	69,3±1,7	63,0±3,8	67,0±1,7
5 Гр	76,8±9,8	73,3±10,9	73,0±3,5	72,0±4,8
10 Гр	83,5±5,5	84,8±4,7	86,0±3,4	73,5±5,5
15 Гр	82,0±4,3	67,7±7,3	83,3±3,4	69,0±5,5
20 Гр	64,25±1,0	70,3±6,9	69,3±1,7	56,0±0,1

Дія опромінення на довжину кореня мала свої особливості: максимальні показники спостерігаються у варіанті 20 Гр (табл. 3.12). Але у рослин, з яких не видаляли суцвіття, довжина кореня контрольних рослин була найменшою. А у варіанті 10 Гр мали одні з найвищих показників: 14,25 – без підживлення і 16,00 см – підживлені біопрепаратами.

Таблиця 3.12

Довжина кореня *M. chamomilla* сорта Горал наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, см

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	12,75±0,87	11,75±0,99	13,00±1,05	11,75±2,08
5 Гр	13,00±0,67	14,33±1,08	13,25±0,99	10,50±1,20
10 Гр	10,50±1,11	14,25±1,28	11,75±1,09	16,00±3,16
15 Гр	10,25±0,55	12,33±1,47	12,25±0,99	13,00±1,87
20 Гр	13,50±1,37	15,00±1,41	13,75±1,66	16,00±0,10

Формування пагонів II порядку не виявило залежності від рівня опромінення. Максимальна кількість спостерігалася у варіантів із різним ступенем його дії (табл. 3.13). Тоді як довжина пагонів другого порядку була найбільшою у варіантах 10 Гр та 15 Гр (табл. 3.14).

Таблиця 3.13

Кількість пагонів II порядку *M. chamomilla* сорта Горал наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, шт.

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	14,0±2,4	16,0±2,8	14,5±0,3	16,8±2,6
5 Гр	16,0±0,8	17,7±0,8	19,5±1,8	16,3±2,6
10 Гр	12,3±0,6	13,5±1,7	17,5±4,1	16,5±1,0
15 Гр	15,8±1,0	20,7±1,1	18,8±3,4	20,7±2,2
20 Гр	17,5±1,1	16,0±1,5	16,8±1,0	20,0±0,1

Таблиця 3.14

Довжина пагонів II порядку *M. chamomilla* сорта Горал наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, см

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	61,5±0,9	63,9±3,2	59,0±2,3	64,6±2,3
5 Гр	71,6±6,7	68,1±4,0	69,0±3,8	66,4±5,9
10 Гр	71,5±4,3	75,1±4,6	77,8±5,8	72,8±4,6
15 Гр	80,6±3,8	71,1±2,4	74,4±4,9	66,0±3,8
20 Гр	62,0±1,7	66,4±4,7	61,3±3,3	53,0±1,4

Очікувалося, що видалення суцвіть спричинить більш активне галушення, подовжить тривалість вегетації і спровокує утворення пагонів вищих порядків, що збільшить кількість суцвіть. Проте, порівнюючи контрольні рослини, виявлено, що рослини з видаленням формували пагони III–IV порядків, а ті, що розвивалися без втручання, – мали галушення V порядку. Ця тенденція відмічена як у випадку підживлення, так і без (табл. 3.15).

Таблиця 3.15

Ступінь галушення *M. chamomilla* сорта Горал
наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення,
порядок галушення

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	3,8±0,3	5,0±0,0	4,5±0,3	5,0±0,0
5 Гр	4,3±0,4	4,5±0,3	4,3±0,3	4,8±0,3
10 Гр	4,0±0,0	4,5±0,3	5,0±0,0	4,8±0,3
15 Гр	4,7±0,4	4,5±0,3	4,7±0,4	4,3±0,3
20 Гр	4,5±0,3	4,0±0,0	5,0±0,0	4,3±0,3

Слід також зауважити, що в умовах збирання сировини більш інтенсивне галушення мали рослини, що піддавалися обробці опромінення у 10 і 15 Гр.

Кількість суцвіть, що утворилися на одній рослині, коливається від 105 до 268 шт. Максимальний показник зафіксовано за умови опромінення у 15 Гр для рослин, на яких проводили збір сировини (табл. 3.16).

Таблиця 3.16

Кількість суцвіть на одній рослині *M. chamomilla* сорта Горал
наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, шт.

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	130±15	105±32	149±29	168±33
5 Гр	247±91	168±49	203±55	140±59
10 Гр	106±9	114±39	179±88	212±49
15 Гр	253±110	232±70	268±130	143±27
20 Гр	177±55	158±46	158±28	270±240

Маса надземної частини виявилася найменш інформативним показником у період завершення вегетації, на відміну від рослин, досліджених у вегетативній фазі розвитку. Максимальні значення мають як рослини після дії опромінення середньої сили (15 Гр), так і слабкої (5 Гр), а мінімальні – і контрольні рослини, і у варіантах різного ступеня опромінення (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Маса надземної частини *M. chamomilla* сорту Горал наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, г

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	13,25±2,27	12,40±4,65	27,73±6,48	16,88±6,04
5 Гр	20,63±6,12	27,93±22,99	42,18±15,10	49,45±17,22
10 Гр	17,00±4,09	18,73±6,68	25,63±12,59	20,91±3,92
15 Гр	25,00±11,84	103,27±31,91	33,45±13,84	39,50±21,07
20 Гр	17,43±1,61	25,43±9,11	22,28±3,59	164,00±0,00

Проте максимальні показники маси надземної частини були більшими у рослин, на яких не проводили збір сировини, і у випадку підживлення органо-мінеральним комплексом. Якщо у вегетативній фазі масові параметри надземної та підземної частин демонстрували найвищі значення при опроміненні у 10 Гр, то наприкінці вегетації при такій же потужності – одні з найменших (0,80–1,58 г). Маса кореня переважала у варіантах 15 і 20 Гр, але решта значень мали випадковий характер (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Маса кореня *M. chamomilla* сорта Горал наприкінці вегетації залежно від рівня опромінення насіння та живлення, г

Варіант	Підживлення			
	контроль		комплекс орг. препаратів	
	видалення суцвіть	без видалення суцвіть	видалення суцвіть	без видалення суцвіть
Контроль	0,90±0,13	1,10±0,17	2,53±1,38	1,78±0,46
5 Гр	1,30±0,52	1,43±0,57	3,13±0,94	1,93±0,35
10 Гр	0,80±0,16	0,93±0,32	1,78±1,06	1,58±0,26
15 Гр	1,08±0,26	3,17±0,66	3,15±1,60	2,47±1,25
20 Гр	1,50±0,39	1,40±0,33	1,53±0,14	3,10±0,00

3.4. Рекомендовані методи підвищення продуктивності ароматично-лікарських рослин

Досягнення вищої продуктивності цінних лікарських рослин, зокрема ромашки лікарської (*M. chamomilla*), можливе методом передпосівної **обробки насіння УФ-С випромінюванням**. Для цього сухе насіння піддають опроміненню на пристрої ОМБ-150М (Україна) з двома лампами Philips Special TUV 30 W (виробник – Нідерланди) при довжині хвилі 253,7 нм, дозі 10 кДж/м² потужністю 3,4 Вт/м². Опромінене насіння транспортують до місця висіву у холодильній камері протягом доби. Оброблене насіння висівають у відкритий ґрунт широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 6 кг/га. Час сівби – під зиму, або ранньовесняний.

З метою збільшення виходу лікарської сировини *M. chamomilla* може бути використаний **метод рентгенівського опромінення**. Для цього виду рослин проводять передпосівне опромінення насіння, упаковане в поліетиленовий пакет, на рентгенівському апараті в дозі 10 Гр потужністю 1,42 сГр/с. Оброблене насіння необхідно висіяти упродовж доби. Доставлення насіння до місця висіву здійснюють у контейнері, обладнаному акумуляторами холода. Доза у 10 Гр є оптимальною для ромашки лікарської, стимулюючи збільшення галуження бічних пагонів, утворення надземної біомаси і, як наслідок, вихід лікарської сировини. Водночас позитивно впливає на вміст фотосинтетичних пігментів та фенольних сполук у фітомасі.

Рентгенівське опромінення також має стимулюючий ефект на багаторічні лікарські рослини. Для підвищення продуктивності **деревію звичайного (*A. millefolium*)** проводять опромінення насіння у поліетиленових пакетах, на рентгенівському апараті в дозі 10 Гр потужністю 1,42 сГр/с. Заходи зберігання обробленого насіння описані вище. Оброблене насіння висівають у відкритий ґрунт широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 2–3 кг/га. Час сівби – під зиму, або ранньовесняний. У перший рік, як правило, збір лікарської сировини не проводять. Приступають до збору на другий рік вегетації рослин у фазі цвітіння. Підвищення продуктивності надземної маси

A. millefolium під впливом опромінення у 10 Гр відбувається за рахунок збільшення кількості пагонів та висоти рослин. Передпосівне опромінення насіння рентгенівськими променями спричиняє збільшення вмісту в рослинах поліфенольних сполук: оксикоричних кислот, флавоноїдів, каротиноїдів та катаболітів фотосинтетичних пігментів.

Збільшення біомаси рослин **звіробою звичайного (*H. perforatum*)** забезпечується радіоактивним опроміненням насіння у дозі 15 Гр потужністю 1,42 сГр/с. Заходи зберігання обробленого насіння як у насіння ромашки лікарської. Оброблене насіння висівають у відкритий ґрунт широкорядним способом із шириною міжрядь 45 см та нормою висіву 3–4 кг/га. Час сівби – під зиму, або ранньовесняний. Збір сировини також проводять з другого року вегетації. Даний метод дозволяє підвищити продуктивність біомаси рослин звіробою за рахунок збільшення висоти та кількості пагонів на рослині. Водночас спостерігається збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів, що позитивно корелюється з продуктивністю надземної маси однієї рослини.

Для підвищення урожайності лікарських рослин доцільно використовувати **біологічні засоби живлення та захисту від хвороб**. Для підживлення застосовують комплекс органічних препаратів BTU Biotech company (Україна): передпосівне внесення у ґрунт фосфор-калій мобілізатора Граундфікс в дозі 5 л/га, що підвищує доступність і рухомість у ґрунті макроелементів; під час сівби – обробка ґрунту комплексом препаратів Хелпрост (2 л/га), Органік-баланс (0,5 л/га) та Ліпосам (0,5 л/га) (комплекс азотфіксуючих, фосфор-калій мобілізуючих і фунгіцидних бактерій); кореневе внесення тричі впродовж вегетації з інтервалом два тижні – Хелпрост (1 л/га), Органік-баланс (0,5 л/га), Гуміфренд (0,3 л/га) та Ліпосам (0,3 л/га) для покращення живлення, стимулювання розвитку та стійкості до грибкових захворювань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баула О. П., Деркач Т. М. Забезпечення якості лікарських засобів рослинного походження: стан та перспективи. *Фармацевтичний часопис*, 2017. № 2. С. 79–86. URL: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2017.2.7816>
2. Бахмат М. І., Падалко Т. О. Біометричні показники рослин ромашки лікарської залежно від строку сівби і норми висіву в умовах Правобережного Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*, 2018. Випуск 101. С. 3–9.
3. Бахмат М. І., Падалко Т. О., Вишневська Л. В. Економічна ефективність вирощування ромашки лікарської залежно від досліджуваних чинників в умовах Правобережного Лісостепу. *Вісник Уманського національного університету садівництва*, 2019. Вип. 1. С. 44–47.
4. Грицик А., Сологуб В. Рослини роду Звіробій і перспективи їх використання. *4th ISPC «Scientific Trends and Trends in the Context of Globalization»* (August 19-20, 2022; Umeå, Sweden). *Medicine and Pharmacy*, 2022. Vol. 121. No. 24. P. 240–246. URL: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.08.2022.024>
5. Денис А. І., Іванова А. В., Грошовий Т. А. Порівняльні дослідження асортименту лікарських засобів на основі рослинної сировини, представленого на фармацевтичних ринках України та Польщі. *Фармацевтичний часопис*, 2016. No 3. С. 26–31. URL: <https://doi.org/10.11603/23120967.2016.3.6818>.
6. Державна Фармакопея України. 2-ге вид. Доп. 7. Харків : Держ. п-во «Укр. науково-експертний фармакоп. центр якості лікарських засобів», 2024. Т. 1. 296 с.
7. Деркач Т.М., Страшний В.В., Старікова О.О. Лисенко С. М. Вміст біологічно активних речовин та елементний склад трави звіробою різних виробників. *Фармацевтичний часопис*, 2018. № 4. С. 5–13. URL: <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2018.4.9576>
8. Єлісєєва Т., Ткачова Н. Тысячелистник (лат. Achilléa) / *Journal. edaplus. info*, 2018. Vol. 4. No. 2. С.12–21. URL: <https://doi.org/10.59316/.vi4.17>
9. Жук В. В., Галич Т. В., Листван К. В., Пчеловська С. А., Глуценко Л. А., Кравець А. П. Ефект радіаційного опромінення на вміст хамазулена у суцвіттях ромашки. *Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених*, 2024. С. 158–160.

10. Салівон А. Г., Листван К. В., Літвінов С. В., Пчеловська С. А., Шиліна Ю. В., Жук В. В., Тонкаль Л. В. Визначення впливу різних доз передпосівного опромінення насіння на вміст флавоноїдів у лікарській сировині звіробою звичайного. *Фактори експериментальної еволюції організмів*, 2019. Vol. 25. С. 310–315. URL: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v25.1183>
11. Кархут В. В. Ліки навколо нас : 4-те вид. Київ : Здоров'я, 2001. 232 с.
12. Каталог лікарських рослин ботанічних садів і дендропарків України : довідковий посібник / за ред. А. П. Лебеди. Київ : Академперіодика, 2009. 160 с.
13. Князюк О. В., Крешун Р. А. Вплив строків сівби та ширини міжрядь на формування продуктивності рослин ромашки лікарської (*Matricaria chamomilla* L.). *Агробіологія*, 2015. № 2. С. 107–111.
14. Конвенція про охорону біологічного різноманіття від 5.06.2092. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text
15. Кондратюк Е. М. Рід деревію *Achillea*. *Флора УРСР*. Київ, 1962. Т. 11
16. Коновалова О. Ю. Ксантони звіробою чашечкового (*Hypericum calycinum* L.). *Фармацевтичний журнал*, 2007. № 4. С. 79–84.
17. Коновалова О. Ю., Шураєва Т. К. Джан Т. В., Грошовий Т. А., Дарзулі Н. П. Аналіз ринку антидепресивних препаратів на основі звіробою звичайного, які зареєстровані в Україні. *Фітотерапія. Часопис*, 2010. № 2. С. 52–57.
18. Кравець О. П., Жук В. В., Соколова Д. О., Сакада В. І., Глущенко Л. А., Кучук М. В. Спосіб підвищення вмісту антиоксидантів у сировині лікарських рослин шляхом передпосівного УФ-С опромінення насіння. Патент № UA 149151, Опуб. 20.10.2021, бюл. № 42
19. Кур'ята В. Г., Кравець О. О. Особливості надходження і перерозподілу неструктурних вуглеводів та елементів живлення між органами рослин томатів за дії фолікуру. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, 2017. Вип. 42. С. 71–76. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/20521>
20. Лікарські засоби. Належна виробнича практика. СТ-Н МОЗУ 42-4.0 : Настанова МОЗ України від 29. 07. 2016 р. № 798, 2016. Київ, 2016. 357 с.
21. Маковецька О. Ю., Бойко І. І., Капінус Е. І., Лебеда А. П. Речовини фотодинамічної дії з рослин роду звіробій та їх антивірусна активність. *Фармацевтичний журнал*, 1997. № 3–4.
22. Мінарченко В. М., Тимченко І. А., Соломаха Т. Д., Мінарченко О. М., Циганенко С. О. Науково-методичн. основи обліку ресурсів лікарських рослин України : посібник. Київ : Фітосоціоцентр, 2013. 72 с.

23. Мойсієнко В. В., Назарчук О. П. Урожайність ромашки лікарської залежно від строків сівби та удобрення в умовах змін клімату. *Наукові горизонти*, 2019. Вип. 2. С. 3–12.
24. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: прикладні аспекти моніторингу та охорони біорізноманіття. *Conservation Biology in Ukraine*. Київ, Чернівці : Друк Арт, 2020. Вип. 16. Т. 3. 528 с.
25. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 136 с.
26. Новіков В. П., Стадницька Н. Є., Дякон І. В., Губицька І. І., Місик Я. Т., Драпак І. В. *Hypericum perforatum* L. у сучасних фармацевтичних препаратах ринку України. *Фітотерапія, часопис*, 2018. № 2. С. 43–46.
27. Падалко Т. О. Тривалість вегетаційного періоду та фаз росту і розвитку рослин ромашки лікарської залежно від сорту, строку сівби та норми висіву насіння. *4 th International scientific and practical conference «Modern science: problems and innovations»* June 28–30, 2020. Stockholm : SSPG Publish, 2020. С. 26.
28. Падалко Т. О. Формування кореневої і надземної маси рослин ромашки лікарської (*Matricaria recutita* L.) залежно від технологічних заходів в умовах Придністров'я. *Збірник наукових праць Харківського національного аграрного університету*. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво і зберігання. Харків: Харківський національний аграрний університет. 2018. № 2. С. 66–74.
29. Пчеловська С. А., Літвінов С. В., Шиліна Ю. В., Листван К. В., Жук В. В., Соколова Д. О., Тонкаль Л. В., Салівон А. Г. Вплив передпосівного опромінення насіння ромашки лікарської на накопичення флавоноїдів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Вип. 22. С. 311–317. URL: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v22.967>
30. Пчеловська С. А., Літвінов С. В., Шиліна Ю. В., Листван К. В., Жук В. В., Соколова Д. О., Тонкаль Л. В., Салівон А. Г., Нестеренко О. Г. Спосіб підвищення вмісту флавоноїдів у сировині лікарських рослин шляхом передпосівної радіаційної обробки насіння. Патент на корисну модель № 129749, видано 12.11.2018, бюл. № 21.
31. Сікура Й. Й., Сидорук Т. М. Лікарські рослини України в домашню аптечку. Умань : Норма., 2000. 216 с.

32. Сологуб В. А., Грицик А. Р. Перспективи використання видів звіробою в медицині та фармації. *Український медичний альманах*, 2011. Т. 14. № 5. С. 183–186.
33. Сучасна фітотерапія : навч. посібник / Гарна С. В. та ін. Харків : «Друкарня Мадрид», 2016. 580 с.
34. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
35. Шостак Т. А., Калинюк Т. Г., Вронська Л. В. Ідентифікація та кількісне визначення флавоноїдів комплексного густого екстракту трави звіробою та квіток нагідок. *Фармацевтичний журнал*, 2017. № 3–4. С. 71–79.
36. Якубенко Б. Є., Біленко В. Г., Лікар Я. О., Лушпа В. І. Лікарські рослини: технологія вирощування та використання / за ред. Б. Є. Якубенка. Київ : Ліра-К, 2020. 598 с.
37. Agapouda A., Booker A., Kiss T., Hohmann J., Heinrich M., Csupor D. Quality control of *Hypericum perforatum* L. analytical challenges and recent progress. *J. Pharm. Pharmacol*, 2019. Vol. 71, No. 1. P. 15–37. URL: <https://doi.org/10.1111/jphp.12711>
38. Ahmed S. H., Beigh S. H. Ascorbic acid, carotenoids, total phenolic content and antioxidant activity of various genotypes of *Brassica oleraceae* encephala. *Journal of Medical and Biological Sciences*, 2009. Vol. 3. No. 1. P. 1–8.
39. Akbulut M., Seker S., Senel G. Stoma features in leaves of *Spiranthes spiralis* (Orchidaceae) growing under different ecological conditions. *AKU J. Sci. Eng*, 2017. Vol. 17. P. 372–376. URL: <https://doi.org/10.5578/fmbd.58663>
40. Al Achi A. An introduction to botanical medicines: history, science, uses. London., 2008.
41. Albrecht S., Otto L. G. *Matricaria recutita* L.: true chamomile. *Medicinal, aromatic and stimulant plants*, 2020. P. 313–331.
42. Almadiy A. A., Gomah E. N., Al Assiuty B. A., Moussa E. A., Mira N. M. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils major fractions of four *Achillea* species and their nanoemulsions against foodborne bacteria. *LWT–Food Science and Technology*, 2016. Vol. 69. P. 529–537. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.009>
43. Alothman M., Bhat R., Karim A. A. Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. *Trends in food science & technology*, 2009. Vol. 20. No. 5. P. 201–212. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.02.003>

44. Apaydin E. A., Maher A. R., Shanman R., Booth M. S., Miles J. N. V., Sorbero M. E., Hempel S. A systematic review of St. John's wort for major depressive disorder. *Systematic reviews*, 2016. Vol. 5, No. 1. P.148. URL: <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0325-2>
45. Balick M. J. Plants, people, and culture: the science of ethnobotany. New York : *Scientific american Library*, 2006. 228 p.
46. Barnes J., Anderson L., Phillipson J. St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. Review. *J. Pharm. Pharmacol*, 2001. Vol. 53, No. 5. P. 583–600. URL: <https://doi.org/10.1211/0022357011775910>
47. Benedec D., Popica I.-E., Oniga I., Hanganu D., Duma M., Silaghi-Dumitrescu R., Bischin C., Vlase L. Comparative HPLC-MS analysis of phenolics from *Achillea distans* and *Achillea millefolium* and their bioactivity. *Studif UBB Chemia. LX*, 2015. Vol. 4. P. 257–266.
48. Benedek B., Kopp B. *Achillea millefolium* L. s.l. revisited: recent findings confirm the traditional use. *Wien Med Wochenschr*, 2007. Vol. 157. No. 13–14. P. 312–314. URL: <https://doi.org/10.1007/s10354-007-0431-9>
49. Bessada S. M. F., Barreira J. C. M., Oliveira M. B. P. P. Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. *Industrial Crops and Products*, 2015. Vol. 76. P. 604–615.
50. Butterweck V., Schmidt M. St. John's wort: role of active compounds for its mechanism of action and efficacy. *Wien Med. Wochenschr*, 2007. Vol. 157, No. 13–14. P. 356–361. URL: <https://doi.org/10.1007/s1035400704408>
51. Chandraju S., Kumar C. C. S., Venkatesh R. Estimation of reducing sugar by acid hydrolysis of black grape (*Vitis vinifera* L.) peels by standard method. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2014. Vol. 6. No. 5. P. 862–866.
52. Chevallier A. Encyclopedia of Herbal Medicine: 550 Herbs Loose Leaves and Remedies for Common Ailments. Dorling Kindersley Ltd, 2016. 336 p.
53. Cibotaru N., Benea A., Soroca I. Comparative analisys of the total degree of flavonoids and polyphenols in different products of *Hypericum perforatum*. *Inter. sci. Symposium «Conservation of plant diversity»*. 5th edition, Chisinau. 1–3 June 2017, Chisinau, 2017. P. 72.
54. Community herbal monograph on *Hypericum perforatum* L., herba (well-established medicinal use). London : *European Medicines Agency*, 2009.

55. Croft K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1998. P. 854. No. 1. P. 435. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1998.tb09922.x>
56. Dai Y.-L., Li Y., Wang Q., Niu F.-J., Li K.-W., Wang Y.-Y., Wang J., Zhou C. Z., Gao L.-N. Chamomile: A Review of Its Traditional Uses, Chemical Constituents, Pharmacological Activities and Quality Control Studies. *Molecules*, 2022. Vol. 28. No. 1. 133. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules28010133>
57. Dai J., Mumper R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 2010. Vol. 15. No. 10. P. 7313–7352.
58. Dorjsembe B, Lee H. J., Kim M., Dulamjav B., Jigjid T., Nho C. W. *Achillea asiatica* extract and its active compounds induce cutaneous wound healing. *Journal of Ethnopharmacology*, 2017. Vol. 206. P. 306–314. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.06.006>
59. El Mihaoui A., Esteves da Silva J. C. G., Charfi S., Castillo M. E. C., Lamarti A., Arnao M. B. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): A Review of Ethnomedicinal Use, Phytochemistry and Pharmacological Uses. *Life*, 2022. Vol. 12. 479. URL: <https://doi.org/10.3390/life12040479>
60. Formisano C., Delfino S., Oliviero F., Tenore G. C., Rigano D., Senatore F. Correlation among environmental factors, chemical composition and antioxidative properties of essential oil and extracts of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) collected in Molise (South-central Italy). *Industrial crops and products*, 2015. Vol. 63. P. 256–263.
61. Kaoudoune C., Benchikh F., Abdenmour C., Benabdallah H., Mamache W. Free Radical Scavenging and Antinociceptive Activities of the Aqueous Extract from *Matricaria chamomilla* L. Flowers. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 2022. Vol. 10. No. 10. P. 2076–2080. URL: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i10.2076-2080.5330>
62. Kwiatkowski C. A. Yield and quality of chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.) raw material depending on selected foliar sprays and plant spacing. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 2015. Vol. 14. No. 1. P. 143–156.
63. Linde K., Berner M. M., Kriston L. St. John's wort for treating depression. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2008, Is. 4. Art. No.: CD000448. URL: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000448.pub3>.
64. Luta G., Gherghina E., Balan D., Israel-Roming, F. Bioactive compounds and antioxidant properties of some wild plants with potential culinary uses. *Revista*

de Chemie, 2020. Vol. 71. No. 2. 179–184. URL:

<https://doi.org/10.37358/RC.20.2.7913>

65. Lystvan K., Belokurova V., Salivon A., Kuchuk M. Gaseous methyl jasmonate can increase hypericins content in *Hypericum perforatum* aseptic plants. *Planta Medica*, 2021. Vol. 87. No. 15 p. 1267. URL: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1736808>

66. Mennini T., Gobbi M. The antidepressant mechanism of *Hypericum perforatum*. *Life Sciences*, 2004. Vol. 75. No. 9. P. 1021–1027. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.04.005>

67. Miraj S., Alesaeidi S. A systematic review study of therapeutic effects of *Matricaria recuita chamomile* (chamomile). *Electronic Physician*, 2016. Vol. 8. No. 9. P. 3024–3031. URL: <https://doi.org/10.19082/3024>

68. Salehi A., Tasdighi H., Gholamhosein M. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2016. Vol. 6. No. 10. P. 886–891. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.08.009>

69. Shahani S., Rostamnezhad M., Ghaffari-rad V., Ghasemi A., Pourfallah T. A., Hosseinimehr S. J. Radioprotective Effect of *Achillea millefolium* Against Genotoxicity Induced by Ionizing Radiation in Human Normal Lymphocytes. *Dose Response*, 2015. P. 1–5. URL: <https://doi.org/10.1177/1559325815583761>

70. Singh O., Khanam Z., Misra N., Srivastava M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. *Pharmacognosy Reviews*, 2011. Vol. 5. No 9. P. 82–95.

71. Singleton V. L., Rossi J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965. Vol. 16. P. 144–158.

72. Sokolova D., Kravets A., Zhuk V., Hlushchenko L. Epigenetic factors of the effect of UV-C and X-ray presowing seeds radiation exposure in *Matricaria chamomilla* L. genotypes. *International Journal of Secondary Metabolite*, 2024. Vol. 11. No. 2. P. 305–314. URL: <https://doi.org/10.21448/ijsm.1358437>

73. Sokolova D., Kravets A., Zhuk V., Sakada V., Gluschenko L., Kuchuk M. Productivity of medicinal raw materials by different genotypes of *Matricaria chamomilla* L. is affected with pre-sowing radiation exposure of seeds. *International journal of Secondary metabolite*, 2021. Vol. 8. No. 2. P. 127–135. URL: <https://doi.org/10.21448/ijsm.889817>

74. Srivastava. J. K., Shankar. E., Gupta S. Chamomile: A herbal medicine of the past with bright future. *Mol Med Report*, 2010. Vol. 3. No. 6. P. 895–901. URL: <https://doi.org/org/10.3892/mmr.2010.377>.
75. Vardhan P. V., Shukla L. I. Gamma irradiation of medicinally important plants and the enhancement of secondary metabolite production. *International journal of radiation biology*, 2017. Vol. 93. No. 9. P. 967–979. URL: <https://doi.org/10.1080/09553002.2017.1344788>
76. Winkel-Shirley B. Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr.Opin. Plant. Biol.*, 2002. Vol. 5. P. 218–223. URL: [https://doi.org/10.1016/s1369-5266\(02\)00256-x](https://doi.org/10.1016/s1369-5266(02)00256-x)
77. Žlabur J. Š., Žutić I., Radman S., Pleša M., Brnčić M., Barba F. J., Rocchetti G., Lucini L, Lorenzo J. M., Dominguez R., Brnčić S. R., Galic A., Voća, S. Effect of Different Green Extraction Methods and Solvents on Bioactive Components of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) Flowers. *Molecules*, 2020. Vol. 25. No. 4. 810. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules25040810>
78. Zhuk V., Sokolova D., Kravets A., Sakada V., Glushenko L., Kuchuk M. Efficiency of pre-sowing seeds by UV-C and X-ray exposure on the accumulation of antioxidants in inflorescence of plants of *Matricaria chamomilla* L. genotypes. *International Journal of Secondary Metabolite*, 2021. Vol. 8. No. 3. P. 186–194. URL: <https://doi.org/10.21448/ijsm.889860>

Наукове видання

Автори:

Д. Б. Рахметов, О. Л. Андрущенко, О. П. Кравець, М. В. Кучук,
С. А. Пчеловська, Н. І. Джуренко, О. П. Паламарчук, О. В. Сокол, В. В. Жук, Р. В. Іванніков

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ КУЛЬТИВУВАННЯ
ТА ВИКОРИСТАННЯ АРОМАТИЧНО-ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН З
ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК**

Authors:

D. B. Rakhmetov, O. L. Andrushchenko, O. P. Kravets, M. V. Kuchuk, S. A. Pchelovska,
N. I. Dzhurenko, O. P. Palamarchuk, O. V. Sokol, V. V. Zhuk, R. V. Ivannikov

**MODERN TECHNOLOGIES FOR CULTIVATION AND USE OF
AROMATIC AND MEDICINAL PLANTS WITH A HIGH CONTENT OF
BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS**

Відповідальний редактор – чл.-кор. НАН України *Д. Б. Рахметов*

Літературний редактор *В. В. Івченко*
Технічний редактор *С. О. Рахметова*

Керівник видавничого проєкту *Віталій Зарицький*
Авторська редакція

Підписано до друку 05.11.2025. Формат 70x100 ¹/16.
Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. аркушів – 5,85. Обл.-вид. аркушів – 3,56.
Тираж 300

Видавець і виготовлювач: ТОВ «Видавництво Ліра-К»
Свідоцтво № 3981, серія ДК.
03115, м. Київ, вул. С. Чобану, 24
тел.: (050) 462-95-48; (067) 820-84-77
Сайт: lira-k.com.ua, редакція: zv_lira@ukr.net