

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний аграрний університет

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ЛУПАК ОКСАНА МИКОЛАЇВНА**

УДК 574.24 : 633.88 : 631.811.98 : 581.198


**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ЕКОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ  
ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН НА ЗАХОДІ УКРАЇНИ**

03.00.16 – екологія

Подається на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 О. М. Лупак

Науковий керівник:

Антоняк Галина Леонідівна,  
доктор біологічних наук, професор

Львів – 2020

## АНОТАЦІЯ

Луцак О. М. Еколого-біохімічні засади застосування біостимуляторів при вирощуванні лікарських рослин на Заході України – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія (101 – екологія). – Львівський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Львів, 2020.

У дисертаційній роботі розкрито екобіологічні та морфофізіологічні аспекти вирощування лікарських рослин *Calendula officinalis* L. та *Matricaria recutita* L. Зроблено аналіз наукової літератури щодо морфофізіологічних особливостей та лікувальних властивостей досліджуваних лікарських рослин, а також фізіолого-біохімічних і екобіологічних чинників формування високого вмісту біологічно активних речовин у лікарській рослинній сировині.

Виконання дисертаційної роботи передбачало використання методик закладання дослідів у польових умовах, а також проведення морфометричних і біо- та агрохімічних досліджень у лабораторії.

Рослини *C. officinalis* сорту Польова красуня та *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу культивували у двох екологічних зонах – у польовій сівозміні на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах зони Західного Лісостепу (на дослідній ділянці Навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету) та дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних середньосуглинкових ґрунтах зони Передкарпаття (на навчально-дослідній ділянці Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка) з дотриманням агротехніки вирощування. Під час культивування рослин вносили біостимулятори росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» у фенологічних фазах сходів й бутонізації з розрахунку по 5 л/га.

З'ясовано зміни морфометричних показників і врожайності лікарських рослин залежно від дії біостимуляторів й екологічних факторів – агрохімічного

складу ґрунту зони Західного Лісостепу і зони Передкарпаття, а також погодних умов під час їх вирощування. Проаналізовано вміст фотосинтетичних пігментів, активність ензимів антиоксидантної системи, ступінь окиснювальних процесів у клітинах рослин. Визначено вміст біологічно активних речовин у суцвіттях рослин.

Результати досліджень показали, що біостимулятори росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» сприяють вірогідному підвищенню морфометричних показників, врожайності та якості отриманої лікарської рослинної сировини *C. officinalis* і *M. recutita*.

Досліджено, що застосування біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» сприяє підвищенню концентрації хлорофілів у досліджуваних рослинах. Встановлено, що рослини *C. officinalis* і *M. recutita*, вирощені в умовах Західного Лісостепу, характеризуються достовірно вищим ( $p < 0,05$ ) вмістом суми фракцій хлорофілу *a* і *b* порівняно із рослинами, культивованими в умовах Передкарпаття, що зумовлено вищим вмістом поживних речовин у ґрунті. З'ясовано лінійну залежність між вмістом хлорофілів та врожайністю.

Екологічні фактори, зокрема, едафічний, кліматичний, антропогенний, зумовлюють певний вплив на клітинний метаболізм рослин. Стрес, який виникає за цих умов, запускає каскад вільнорадикальних реакцій. Проте завдяки властивості до індукції ензимів антиоксидантного захисту рослини можуть уникнути токсичної дії. Застосування біостимуляторів під час культивування рослин націлене на здатність підвищувати їх стресостійкість. Тому експеримент передбачав визначення ензимів супероксиддисмутази (СОД), каталази та пероксидази, а також метаболітів прооксидантно-антиоксидантної системи рослин (продуктів пероксидного окиснення ліпідів за вмістом ТБК-активних продуктів).

Активність СОД в екстрактах різних органів рослин *C. officinalis* є вірогідно вищою ( $p < 0,05$ ) на 15,4–23 % у рослин, вирощених за впливу біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» порівняно з контролем. У листках і суцвіттях рослин активність СОД підвищується ( $p < 0,05$ ) у результаті внесення

«Вермимагу» на 17,9–23 % і «Вермийодісу» на 15,5–18,1 % порівняно з контролем. Однак достовірної різниці між активністю ензиму у суцвіттях та листках рослини не виявляється. Суцвіття рослин *M. recutita*, вирощених за внесення препарату «Вермимаг», характеризуються вірогідно вищою активністю СОД ( $p < 0,05$ ) на 7-му добу після внесення стимулятора відповідно на 19,2 та 20 %, а за дії «Вермийодісу» – на 18,6 та 21,3 % порівняно з контролем. Достовірної різниці між цими варіантами досліду не виявлено. Внесення «Вермистиму» істотно не впливає на активність СОД.

Досліджено, що суцвіття рослин *C. officinalis*, вирощених в умовах Передкарпаття за дії біостимулятора росту «Вермимаг», відзначаються вищою ( $p < 0,05$ ) пероксидазною активністю на 21 % порівняно із контролем. У рослинах, культивованих в умовах Західного Лісостепу, вищу активність ензиму зафіксовано у варіантах, за яких вносили «Вермимаг» і «Вермийодіс», на 15,9 % та 16,7 % відповідно порівняно із контролем. Суцвіття рослин *M. recutita*, вирощених за дії «Вермимагу» в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу, мають вищу ( $p < 0,05$ ) пероксидазну активність на 14,9 та 16,1 % відповідно порівняно із контролем.

У суцвіттях рослин *C. officinalis*, вирощених за дії «Вермимагу», активність каталази є достовірно вищою на 16,3–16,8 %, а за внесення «Вермийодісу» – на 15,8–23,2 %; у суцвіттях рослин *M. recutita* – на 16,8–17,9 та 22,9–23,4 % відповідно порівняно з контролем.

Суцвіття рослин *C. officinalis* та *M. recutita*, культивованих за внесення препаратів «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим», характеризуються нижчим вмістом ( $p < 0,01–0,05$ ) ТБК-активних продуктів за утворенням МДА порівняно із контролем, що сприяє кращому захисту рослин.

Різні агроекологічні умови Західного Лісостепу і Передкарпаття не впливають на активність ензимів та процеси ліпопероксидації під час культивування рослин *C. officinalis* та *M. recutita*.

У суцвіттях рослин *C. officinalis* і *M. recutita*, вирощених за дії біостимуляторів росту, вміст аскорбінової кислоти вищий порівняно із

контролем ( $1,14 \pm 0,06$ – $1,3 \pm 0,07$  мкг/г та  $1,56 \pm 0,06$ – $1,78 \pm 0,07$  мкг/г абс. сухої маси суцвіть відповідно). Виявлено підвищення вмісту аскорбінової кислоти у рослинах, культивованих в умовах Західного Лісостепу, порівняно із рослинами, вирощеними у Передкарпатті.

Високим вмістом флавоноїдів (у перерахунку на рутин) характеризується лікарська сировина рослин *C. officinalis* ( $1,00 \pm 0,02$ – $1,19 \pm 0,03$  %) і ромашки лікарської ( $0,97 \pm 0,02$ – $1,24 \pm 0,06$  %), культивованих за різних агроекологічних умов. Внесення біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» сприяє збільшенню вмісту флавоноїдів у суцвіттях *C. officinalis* та *M. recutita* у середньому на 9,3–14 %.

Уперше проведено порівняльний аналіз кількісного вмісту ефірної олії у суцвіттях рослин *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу, культивованих в агроекологічних умовах Заходу України – зоні Передкарпаття та Західного Лісостепу. Вміст ефірної олії у суцвіттях культивованих рослин становить 0,36–0,40 %, що свідчить про високу якість сировини та відповідає вимогам Державної Фармакопеї України. Агроекологічні умови зони Західного Лісостепу та Передкарпаття однаково впливають на рівень нагромадження ефірної олії, а біостимулятори росту впливу не виявляють.

У суцвіттях *C. officinalis* виявлено високий вміст каротину ( $56,67 \pm 2,33$ – $72,09 \pm 5,12$  мкг/г абс. сухої маси). Внесення біостимуляторів росту сприяє підвищенню його вмісту у середньому на 15–23,9 %. Агроекологічні умови однаково впливають на рівень нагромадження каротину.

Екстракти суцвіть *C. officinalis* та *M. recutita*, вирощених в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу України, володіють антиоксидантною активністю. Інтегральна антиоксидантна активність є вищою в екстрактах суцвіть рослин, вирощених за дії біостимуляторів, та в агроекологічних умовах Західного Лісостепу.

**Ключові слова:** біостимулятори, «Вермимаг», «Вермийодіс», «Вермистим», морфометрія, врожайність, агроекологічні умови, аскорбінова кислота, флавоноїди, ефірна олія, інтегральна антиоксидантна активність

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у фахових виданнях України

1. **Лупак О. М.**, Антоняк Г. Л. Екологічний аспект вирощування рослин *Matricaria recutita* L. у Західній Україні. *Agrology*. 2020. Vol. 3. Iss. 2. P. 85–90. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь в аналізі результатів та написанні статті).

2. **Лупак О. М.**, Ковальчук Г. Я., Антоняк Г. Л. Порівняльний аналіз інте-гральної антиоксидантної активності суцвіть рослин *Calendula officinalis* L., вирощених в умовах Передкарпаття за дії біостимуляторів росту. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 1–2. (9). С. 58–63. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10282>. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, опрацювала дані статистично, брала участь у підготовці статті до друку).

3. Шпек М. П., Коссак Г. М., Гойванович Н. К., **Лупак О. М.** Вплив біологічних препаратів на морфометричні показники та урожайність ромашки лікарської (*Matricaria recutita*) в умовах Передкарпаття. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 1. С. 38–41. (Дисертантка провела морфометричні вимірювання, брала участь у написанні статті).

4. **Лупак О.**, Антоняк Г., Шпек М. Формування продуктивності *Calendula officinalis* L. залежно від внесення стимуляторів росту та ґрунтово-кліматичних умов культивування. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія*. Львів : Львів. нац. аграр. ун-т, 2016. № 20. С. 60–65. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, зробила статистичну обробку даних).

**Статті у міжнародних виданнях, що включені до наукометричних баз  
та розділи в закордонних монографіях**

5. **Лупак О.** Biochemical indices of prooxidant-antioxidant processes in *Calendula officinalis* L., grown under the influence of growth biostimulants». *Scientific Journal of Polonia University*. 2019. Vol. 34. No. 3. P. 113–119.

6. **Лупак О.**, Klepach H., Antonyak H. Marigold (*Calendula officinalis* L.) and its components as a source of biologically active substances. Ecology and human health. Edited by Andrzej Krynski, Georges Kamtoh Tebug, Svitlana Voloshanska. Czestochowa: Educator, 2018. P. 65–76. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь у написанні статті).

**Інші публікації**

7. **Лупак О. М.**, Антоняк Г. Л. Еколого-біохімічні показники рослин *Matricaria recutita*. Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів : матеріали XIV конференції молодих вчених (Київ, 23–24 жовтня 2019 р.). Київ, 2019. С. 36–37. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь у підготовці тез).

8. **Лупак О. М.**, Антоняк Г. Л. Біологічно активні речовини суцвіть нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.), культивованих в умовах Передкарпаття. The development of nature sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27–28, 2018. Vrnо : Baltija Publishing. P. 11–14. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь у підготовці матеріалів до публікації).

9. **Лупак О. М.** Потенціометричне визначення інтегральної антиоксидантної активності суцвіть рослин *Matricaria recutita* L. за різних умов культивування за внесення біостимуляторів росту. *Scientific Journal «ScienceRise : Biological Science»*. 2018. № 2 (11). С. 16–19.

10. **Лупак О. М.**, Ковальчук Г. Я., Антоняк Г. Л. Потенціометричне визначення антиоксидантної активності екстрактів рослин *Calendula*

*officinalis* L. за впливу біостимуляторів росту. *Scientific Journal «ScienceRise : Biological Science»*. 2017. № 6 (9). С. 10–13. (Дисертантка зробила порівняльний аналіз результатів, брала участь у підготовці статті до друку).

11. **Луцак О.**, Клепач Г., Антосяк Г. Біологічно-активні властивості природної та культурної форм *Matricaria recutita* L. Human health: realities and prospects. Monographic series. Vol. 1. Promoting healthy lifestyle; edited by Nadiya Skotna. Drohobych : Posvit, 2016. P. 59–65. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь у написанні статті).

12. **Луцак О. М.**, Антосяк Г.Л. Вплив біостимуляторів на продуктивність *Calendula officinalis* L. сорту Польова красуня. *Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 8–9 квітня 2016 року) : у 2-х частинах. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2016. Ч. I. С. 48–50. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь у підготовці матеріалів до публікації).

13. **Луцак О.** Перспективи використання деяких лікарських рослин родини Asteraceae в якості біологічно активних добавок. *Валеологія: сучасний стан, напрямки та перспективи розвитку* : тези доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції, 14 квітня–16 квітня 2016 р., Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. С. 330–333.

14. **Луцак О. М.**, Антосяк Г. Л. Дія біостимулятора «Вермийодіс» на фотосинтетичний апарат *Calendula officinalis* L. *Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень* : матеріали III Міжнар. наук. конф. (Березоточа, 14–15 липня 2016 року). ДСЛР ІАП НААН. Київ : ТОВ «ДІА», 2016. С. 177–178. (Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь у підготовці матеріалів до друку).

15. **Луцак О. М.**, Шпек М. П., Антосяк Г. Л. Вивчення впливу біостимуляторів росту на фотосинтетичний апарат рослин *Calendula officinalis* L. *Стан природних ресурсів, перспективи їх збереження та відновлення* : збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції / упор. Василь



Стахів, Надія Стецула. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2016. С.106–107. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, опрацювала статистично отримані дані).*

### ***Патенти***

16. Патент України на корисну модель UA №141227. Спосіб потенціометричного визначення інтегральної антиоксидантної активності водних та спиртових розчинів / **Ковальчук Г. Я., Лупак О. М., Полюжин І. П.**; заявник і патентовласник ДДПУ імені Івана Франка. № у 201909884; заявл. 19.09.19, опуб. 25.03.20. Бюл. № 6. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, брала участь в оформленні заявочних документів).*

## ABSTRACT

*Lupak O.M.* Ecological and biochemical principles of the usage of biostimulants during cultivation of the medicinal plants in the Western Ukraine – Qualification research work as manuscript.

Thesis on obtaining the scientific degree of the PhD in Agriculture, Program Subject Area 03.00.16 – Ecology (101 – Ecology). – Lviv National Agrarian University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2020.

The thesis deals with ecobiological and morpho-physiological aspects of cultivating medicinal plants *Calendula officinalis* L. and *Matricaria recutita* L. It analyzes scientific literature with regard to the morpho-physiological characteristics and medicinal peculiarities of the studied medicinal plants as well as physiological, biochemical and ecobiological factors of the formation of a high content of biologically active substances in the medicinal plant raw material.

The performance of the thesis used methodology of carrying out experiments in the field conditions and also morphometric, bio- and agro-chemical researches in the laboratory.

Plants of *C. officinalis* Poliova Krasunia cv and *M. recutita* Perlyna Lisostepu cv were cultivated in two ecological zones – in the field crop rotation on the dark grey sod-podzol lightly loamy soils in the Western Forest-Steppe zone (at the experimental station of the Educational-scientific and research centre of Lviv National Agrarian University) and sod-podzol superficially gleyed medium loamy soils of the Precarpathian region (at the educational and experimental station of Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University) in compliance with the agrotechnology. During the cultivation were applied the biostimulants of growth «Vermymag», «Vermyiodis» and «Vermystym» in phonological phases of shoots and budding at the rate of 5 l/ha.

The changes of morphometric indices, yielding capacity of medicinal plants were cleared up depending on the influence of biostimulants and ecological factors – agrochemical composition of the soil in the Western Forest-Steppe zone and the

Precarpathian region and also the weather conditions during their cultivation. The content of photosynthetic pigments, the activity of antioxidant system and the level of oxidative processes in the cells of plants have been analyzed. The content of biologically active substances has been determined in the inflorescences of plants.

The growth biostimulants «Vermymag», «Vermyiodis» and «Vermystym» significantly influence the increase of morphometric indices, yielding capacity and pharmaceutical quality of the obtained plant raw material *C. officinalis* and *M. recutita*.

Applying biostimulants «Vermymag» and «Vermyiodis» causes the increase of concentration of chlorophylls in the investigated plants. The plants *C. officinalis* and *M. recutita*, grown in the conditions of the Western Forest-Steppe zone possess authentically higher ( $p < 0.05$ ) content of sum of fractions of chlorophylls *a* and *b* compared to the plants cultivated in the conditions of the Precarpathian region that is caused by higher content of nutriments in the soil. The study has cleared up the linear dependence between the content of chlorophylls and yielding capacity.

Ecological factors, namely, edaphic, climatic, antropogenic cause the proper influence on the cell metabolism of plants. The stress, appearing under these conditions, launches the chain of free radical reactions. However, due to the induction of enzymes of antioxidant protection, plants can avoid toxic action. Applying biostimulants during the cultivation of plants is aimed to increase their stress endurance. That is why the experiment envisaged determination of enzymes of superoxide dismutase (SOD), catalase and peroxidase and also metabolites of prooxidative-antioxidative system of plants (products of peroxide oxidation of lipids by the content of TBA-active products).

The activity of SOD in the extracts of different organs of the plants *C. officinalis* is authentically higher ( $p < 0.05$ ) by 15.4–23 % in plants, grown under the influence of biostimulants «Vermymag» and «Vermyiodis» compared to the control one. The activity of SOD ( $p < 0.05$ ) in the leaves and inflorescences of plants increases in the consequences of applying «Vermymag» by 17.9–23% and «Vermyiodis» by 15.5–18.1% compared to the control ones. However, there is no

authentic difference between the activity of enzyme in the inflorescences and leaves of plants. Inflorescences of plants *M. recutita*, grown by applying the preparation «Vermymag» possess authentically higher activity of SOD ( $p < 0.05$ ) on the 7<sup>th</sup> day after applying the biostimulant by 19.2 % and 20.0% respectively and under the influence of «Vermyiodis» – by 18.6 % and 21.3 % compared to the control variant. There is no authentic difference between these variants of the research. Applying «Vermystym» does not authentically influence the activity of SOD.

The inflorescences of the plants *C. officinalis*, grown in the conditions of the Precarpathian region under the influence of biostimulant «Vermymag» possess higher ( $p < 0.05$ ) peroxydase activity by 21 % compared to the control. There is a higher activity of the enzyme in the variants in the conditions of Western Forest-Steppe zone with applying «Vermymag» and «Vermyiodis» by 15.9 % and 16.7 % respectively compared to the control. The inflorescences of the plants *M. recutita*, grown under the influence of «Vermymag» in the conditions of the Precarpathians and Western Forest Steppe zone possess higher ( $p < 0.05$ ) peroxidase activity by 14.9 and 16.1 % respectively compared to the control.

The activity of catalase in the inflorescences of plants *C. officinalis*, grown under the influence of «Vermymag» is authentically higher by 16.3–16.8 % and by applying «Vermyiodis» – by 15.8–23.2%; in the inflorescences of the plants *M. recutita* by 16.8–17.9 and 22.9–23.4 % respectively compared to the control ones.

The inflorescences of plants *C. officinalis* and *M. recutita*, cultivated with applying growth preparations «Vermymag», «Vermyiodis» and «Vermystym» possess lower ( $p < 0.01–0.05$ ) content of TBA-active products with formation of MDA compared to the control ones that contributes to better protection of the plants.

Different agroecological conditions of the Western Forest-Steppe zone and the Precarpathians do not influence the activity of enzymes and processes of lipoperoxidation during cultivation of the plants *C. officinalis* and *M. recutita*.

The inflorescences of the plants *C. officinalis* and *M. recutita*, grown under the influence of the growth biostimulants possess higher content of the ascorbic acid compared to the control one ( $1.14 \pm 0.06–1.3 \pm 0.07$   $\mu\text{g/g}$  and  $1.56 \pm 0.06$  –

1.78±0.07 µg /g abs. dry mass of the inflorescences respectively). The plants grown in the conditions of the Western Forest-Steppe zone possess the increased content of ascorbic acid compared to those ones cultivated in the Precarpathians.

There is a high content of flavonoids (converting to rutin) in the plant raw material *C. officinalis* (1.00±0.02–1.19±0.03 %) and *M. recutita* (0.97±0.02–1.24±0.06 %) cultivated under different agroecological conditions. Applying growth biostimulants «Vermymag» and «Vermyiodis» contributes to the increase of the content of flavonoids in the inflorescences of *C. officinalis* and *M. recutita* by 9.3–14 % in average.

We have carried out for the first time the comparative analysis of the quantitative volume of essential oil in the inflorescences of plants *M. recutita* Perlyna Lisostepu cv, cultivated in agroecological conditions of the Western Ukraine – the Precarpathians and the Western Forest-Steppe zone. The content of essential oil (0.36–0.40 %) in the inflorescences of cultivated plants meet the requirements of State Pharmacopoeia of Ukraine being raw material of high quality. The agroecological conditions of the Western Forest-Steppe zone and the Precarpathians equally influence on the level of accumulation of essential oil and growth biostimulants do not influence.

The inflorescences *C. officinalis* possess high content of carotene (56.67±2.33–72.09±5.12 µg /g of abs. dry mass). Applying growth biostimulants contributes to the increase of its content in average by 15–23.9%. The agroecological conditions equally influence on the level of the accumulation of carotene.

The extracts of the inflorescences *C. officinalis* and *M. recutita*, grown in the conditions of the Precarpathians and the Western Forest-Steppe zone of Ukraine possess antioxidant activity. The integral antioxidant activity is higher in the extracts of the inflorescences of plants, grown under the influence of biostimulants and in the agroecological conditions of the Western Forest-Steppe zone.

**Keywords:** growth biostimulants, «Vermymag», «Vermyiodis», «Vermystym», morphometry, yielding capacity, agroecological conditions, ascorbic acid, flavonoids, essential oil, integral antioxidant activity

**LIST OF PUBLICATIONS OF THE WRITER OF THE THESIS BY THEME****Articles in scientific journals of Ukraine**

1. **Lupak O. M.**, Antonyak H. L. Ecological aspect of growing *Matricaria recutita* L. plants in Western Ukraine. *Agrology*. 2020. Vol. 3. Iss. 2. P. 85–90. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches, took part in the performing analysis of the results and writing the article*).
2. **Lupak O.**, Kovalchuk H., Antonyak H. Comparative analysis of integrated antioxidant activity of inflorescences of *Calendula officinalis* L. plants grown in the conditions of Precarpathian area on the effect of growth biostimulants. *Biological Resources and Nature Management*. 2018. Vol. 10. No 1–2. (9). P. 58–63. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10282>. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches, worked out statistically the data and took part in preparing the article for publication*).
3. Shpek M. P., Kossak G. M., Hoivanovych N. K., **Lupak O. M.** The influence of biological preparations on morphometric indices and crop capacity of wild camomile (*Matricaria recutita* L.) under conditions of the Precarpathian area of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*. 2018. Vol. 28. No. 1. P. 38–41. (*The writer of the thesis has carried out morphometric researches and took part in writing the article*).
4. **Lupak O.**, Antonyak H., Shpek M. Formation of *Calendula officinalis* L. productivity depending on applying growth stimulants and soil and climatic conditions of cultivation. *Bulletin of Lviv National Agrarian University : Agronomy*. Lviv : Lviv National Agrarian University, 2016. No. 20. P. 60–65. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and performed the statistical processing of data*).

**Articles in international publications included in scientometric databases,  
and sections in foreign monographs**

5. **Lupak O.** Biochemical indices of prooxidant-antioxidant processes in *Calendula officinalis* L., grown under the influence of growth biostimulants». *Scientific Journal of Polonia University*. 2019. Vol. 34. No. 3. P. 113–119.

6. **Lupak O.**, Klepach H., Antonyak H. Marigold (*Calendula officinalis* L.) and its components as a source of biologically active substances. *Ecology and human health*. Edited by Andrzej Krynski, Georges Kamtoh Tebug, Svitlana Voloshanska. Czestochowa : Educator, 2018. P. 65–76. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in writing the article*).

**Other publications**

7. **Lupak O. M.**, Antonyak H. L. Ecological and biochemical indices of plants *Matricaria recutita*. Scientific, applied and educational aspects of physiology, genetics, biotechnology of plants and microorganisms: materials of XIV conference of young scientists (Kyiv, October, 23–24, 2019). Kyiv, 2019. P. 36–37. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in preparing theses*).

8. **Lupak O. M.**, Antonyak H. L. Biologically active substances of the inflorescences of medicinal marigold plants (*Calendula officinalis* L.), cultivated in the conditions of the Precarpathian region. The development of nature sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27–28, 2018. Brno : Baltija Publishing. P. 11–14. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in preparing the materials for publication*).

9. **Lupak O.** Potentiometric determination of integral antioxidant activity of inflorescences of *Matricaria recutita* plants cultivated under different conditions with applying growth biostimulants. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*. 2018. No. 2 (11). P. 16–19.

10. **Lupak O.**, Kovalchuk H., Antonyak H. Potentiometric determination of antioxidant activity of extracts of *Calendula officinalis* L. plants under the influence of growth biostimulants. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*. 2017. No. 6 (9). P. 10–13. (*The writer of the thesis has performed the comparative analysis of the results and took part in preparing the article for edition*).

11. **Lupak O.**, Klepach H., Antonyak H. Biologically-active properties in natural and cultural forms *Matricaria recutita* L. Human health: realities and prospects. Monographic series. Vol. 1. Promoting healthy lifestyle; edited by Nadiya Skotna. Drohobych : Posvit, 2016. P. 59–65. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in writing the article*).

12. **Lupak O. M.**, Antonyak H. L. The influence of biostimulants on the productivity *Calendula officinalis* L. of Poliova Krasunia cv. Actual problems of the humanities and natural sciences. Materials of II International scientific and practical conference (Uzhhorod city, April, 8–9, 2016) : in 2 parts. Kherson : Publishing House «Helvetyka», 2016. P. I. P. 48–50. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in preparing the materials for publication*).

13. **Lupak O.** The perspectives of the usage of some medicinal plants of the family Asteraceaeas biologically active additives. Valeology: modern state, directions and perspectives of the development. Theses of lecture of XIV international scientific and practical conference, April, 14–16, 2016, Kharkiv : V. N. Karazin KNU, 2016. P. 330–333.

14. **Lupak O. M.**, Antonyak H. L. The influence of the biostimulant «Vermiyodis» on the photosynthetic apparatus of *Calendula officinalis* L. Medicinal plants:traditions and perspectives of the researches: materials of III International scientific conference. (Berezotocha, July, 14–15, 2016 ). ESMP IAN NAAS. Kyiv : «DIA» Ltd, 2016. P. 177–178. (*The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in preparing the materials for edition*).

15. **Lupak O. M.**, Shpek M. P., Antonyak H. L. The study of the influence of biostimulants of growth on the photosynthetic apparatus of plants *Calendula officinalis* L. State of the natural resources, perspectives of their preservation and



renewal: collected volume of the materials of III International scientific and practical conference / Comp. Vasyl Stakhiv, Nadiia Stetsula. Drohobych : Editorial and publishing department of Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, 2016. P.106–107. *(The writer of the thesis has carried out the experimental researches and worked out statistically the obtained data).*

### *Patents*

16. Patent of Ukraine on useful sampler UA № 141227. The mode of potentiometric determination of the integral antioxidant activity of aqueous and alcohol solutions / Kovalchuk H. Ya., **Lupak O. M.**, Poliuzhyn I. P.; applicant and patent owner of Ivan Franko DSPU. № u 201909884; app 19.09.19, pub. 25.03.20. bul. № 6. *(The writer of the thesis has carried out the experimental researches and took part in the registration of application documents).*

## ЗМІСТ

	Стор.
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>	<b>22</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>23</b>
<b>Розділ 1. ЕКОБІОЛОГІЧНІ ТА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН У ЗАХІДНІЙ УКРАЇНІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЯКІСНОЇ СИРОВИНИ .....</b>	<b>29</b>
1.1. Морфофізіологічні особливості та лікувальні властивості <i>Calendula officinalis</i> L. ....	29
1.1.1. Морфофізіологічні особливості <i>Calendula officinalis</i> .....	29
1.1.2. Хімічний склад суцвіть <i>Calendula officinalis</i> , їх біологічна дія та лікувальні властивості.....	31
1.2. Морфофізіологічні особливості та лікувальні властивості <i>Matricaria recutita</i> L. ....	38
1.2.1. Морфобіологічна характеристика <i>Matricaria recutita</i> .....	38
1.2.2. Хімічний склад суцвіть <i>Matricaria recutita</i> , їх біологічна дія та фармакологічні властивості.....	40
1.3. Фізіолого-біохімічні та екобіологічні чинники формування високого вмісту біологічно активних речовин у лікарських рослинах .....	45
1.3.1. Характеристика системи антиоксидантного захисту рослин...	45
1.3.2. Роль фотосинтетичних пігментів у процесах життєдіяльності рослин.....	52
1.3.3. Біостимулятори росту рослин, їх властивості та механізм дії.....	53
1.3.4. Екобіологічні аспекти вирощування <i>Calendula officinalis</i> та <i>Matricaria recutita</i> у Західній Україні.....	55
Висновок до розділу 1.....	58
Список використаних джерел до розділу 1.....	59

## **Розділ 2. МАТЕРІАЛИ Й МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **ЕФЕКТИВНОСТІ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН І**

### **ЯКОСТІ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ..... 85**

2.1. Об'єкти дослідження.....	85
2.2. Характеристика препаратів.....	86
2.3. Методи лабораторних досліджень.....	87
2.3.1. Визначення вмісту пігментів фотосинтезу.....	87
2.3.2. Визначення активності антиоксидантних ензимів.....	88
2.3.3. Визначення активності процесів пероксидного окиснення ліпідів за утворенням малонового діальдегіду .....	89
2.3.4. Визначення вмісту аскорбінової кислоти.....	90
2.3.5. Визначення вмісту каротину.....	91
2.3.6. Визначення вмісту суми флавоноїдів .....	91
2.3.7. Визначення вмісту ефірної олії.....	92
2.3.8. Визначення інтегральної антиоксидантної активності.....	93
2.4. Статистичний аналіз експериментальних даних.....	95
Висновок до розділу 2.....	95
Список використаних джерел до розділу 2.....	96

## **Розділ 3. ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ В РОЗТОЦЬКО-ОПІЛЬСЬКІЙ**

### **ГОРБОГІРНІЙ ТА ПЕРЕДКАРПАТСЬКІЙ ВИСОЧИННІЙ**

### **ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ОБЛАСТЯХ..... 98**

3.1. Локалізація експериментальних ділянок.....	98
3.2. Агроекологічні умови проведення польових експериментів.....	100
3.2.1. Опис ґрунтових профілів та агрохімічні показники ґрунтів на ділянках вирощування лікарських рослин.....	101
3.2.2. Особливості клімату та погодні умови в роки вирощування лікарських рослин.....	107
3.3. Зональні особливості технології культивування рослин	

<i>Calendula officinalis</i> та <i>officinalis</i> сорту Польова красуня.....	114
3.4. Зональні особливості технології культивування рослин	
<i>Matricaria recutita</i> сорту Перлина Лісостепу.....	118
Висновок до розділу 3.....	122
Список використаних джерел до розділу 3.....	123
<b>Розділ 4. ЗАЛЕЖНІСТЬ ВРОЖАЙНОСТІ ФІТОМАСИ ТА ВМІСТУ</b>	
<b>    БІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ</b>	
<b>    СИРОВИНІ ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР НА ЗАХОДІ</b>	
<b>    УКРАЇНИ.....</b>	<b>125</b>
4.1. Вплив біостимуляторів росту на культивування рослин	
<i>Calendula officinalis</i> за різних агроекологічних умов.....	125
4.2. Вплив біостимуляторів росту на культивування рослин	
<i>Matricaria recutita</i> за різних агроекологічних умов .....	129
4.3. Вплив біостимуляторів росту на вміст пігментів фотосинтезу у	
клітинах рослин <i>Calendula officinalis</i> та <i>Matricaria recutita</i> залежно від	
умов культивування.....	134
4.4. Активність ензимів антиоксидантної системи та процесів	
пероксидного окиснення ліпідів у рослинах <i>Calendula officinalis</i> та	
<i>Matricaria recutita</i> за різних умов культивування.....	142
4.5. Вміст біологічно активних речовин у суцвіттях рослин <i>Calendula</i>	
<i>officinalis</i> та <i>Matricaria recutita</i> за різних умов культивування.....	153
4.6. Дослідження інтегральної антиоксидантної активності екстрактів	
рослин <i>Calendula officinalis</i> та <i>Matricaria recutita</i> за різних умов	
культивування.....	156
Висновок до розділу 4.....	160
Список використаних джерел до розділу 4.....	162
<b>Розділ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КУЛЬТИВУВАННЯ</b>	
<b>    ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН <i>Calendula officinalis</i> L. ТА</b>	
<b>    <i>Matricaria recutita</i> L.....</b>	<b>166</b>

5.1. Економічна ефективність культивування рослин <i>Calendula officinalis</i> за різних агроекологічних умов .....	166
5.2. Економічна ефективність культивування рослин <i>Matricaria recutita</i> за різних агроекологічних умов .....	168
Висновок до розділу 5.....	171
Список використаних джерел до розділу 5.....	171
<b>Розділ 6. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ЕКОБІОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯКІСНОЇ РОСЛИННОЇ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ <i>Calendula officinalis</i> L. ТА <i>Matricaria recutita</i> L.....</b>	<b>173</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>184</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....</b>	<b>186</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>187</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АК – аскорбінова кислота

АФК – активні форми кисню

БАР – біологічно активні речовини

ДФУ – Державна Фармакопея України

ІАОА – інтегральна антиоксидантна активність

ЛРС – лікарська рослинна сировина

МДА – малоновий діальдегід

ПОЛ – пероксидне окиснення ліпідів

СОД – супероксиддисмутаза

ТБК – тіобарбітурова кислота

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Значний діапазон фармакологічного ефекту лікарських препаратів з рослинної сировини визначає їхнє вагоме місце в арсеналі терапевтичних засобів. До того ж, їх значною перевагою порівняно із синтетичними лікарськими засобами є більша безпечність та здатність впливати на етіологію захворювання, а не лише на його наслідки [42; 121; 211]. Серед лікарських рослин, які найчастіше використовують в офіційній та народній медицині, варто виділити нагідки лікарські (*Calendula officinalis* L.) та ромашку лікарську (*Matricaria recutita* L.) [59; 74]. Квіткові кошики цих рослин багаті на різноманітні біологічно активні речовини (БАР), які проявляють антисептичну, протизапальну, седативну, спазмолітичну й іншу дію [16; 21; 49; 73; 99; 123; 183].

Синтез і накопичення БАР у лікарській рослинній сировині (ЛРС) значною мірою визначається агроекологічними умовами її вирощування, зокрема, погодним фактором та агрохімічними особливостями ґрунтів [98]. Деякі групи цих речовин, які виявляють антиоксидантну дію, за стресових умов (зміни температурного і водного режимів, засоленості ґрунту, впливу важких металів тощо) синтезуються в рослинах у більшій кількості через зростання вмісту активних форм кисню (АФК). Підвищення вмісту антиоксидантних ензимів та неензимних антиоксидантів (аскорбінова кислота, вітамін Е, каротиноїди, флавоноїди) дає змогу рослинному організмові протистояти впливу несприятливих чинників навколишнього середовища [20; 22; 33; 34; 53; 93; 96; 102]. Разом з тим, високий вміст антиоксидантів забезпечує фармакологічну цінність рослинної сировини.

На внутрішньоклітинні метаболічні процеси в рослинах позитивно впливає внесення стимуляторів росту під час культивування [70; 86; 103]. Завдяки стимуляторам активізується розвиток надземної вегетативної маси та кореневої системи, покращується живлення та підвищується стійкість рослин до хвороб, змінюються терміни дозрівання плодів [6; 29; 54]; збільшується площа

фотосинтетичного апарату [107]; зростає енергія проростання та схожість насіння [112; 113]; активізуються процеси цвітіння, підвищується врожайність [212].

Вплив застосування біостимуляторів росту під час вирощування *C. officinalis* та *M. recutita* в агроекологічних умовах Заходу України на сьогодні не з'ясований. Тому вивчення еколого-біологічних особливостей *C. officinalis* та *M. recutita*, удосконалення агротехнічних прийомів вирощування цих культур за кліматичних і едафічних умов Передкарпаття й Західного Лісостепу, а також впливу біостимуляторів у комплексі з екологічними чинниками на біохімічні процеси формування якісної лікарської сировини є актуальною проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана упродовж 2015–2017 років у рамках науково-дослідних тем кафедри екології «Дослідити стан і динаміку природних компонентів агроecosистем західного регіону України та розробити заходи щодо оптимізації їх ефективного функціонування в умовах антропогенезу» (номер держреєстрації 0111U001253) та кафедри технологій у рослинництві Львівського національного аграрного університету «Розробити інноваційні системи підвищення продуктивності агрофітоценозів на основі екологостабілізуючих заходів збереження та покращення стану навколишнього природного середовища в умовах динамічних змін клімату Західного регіону України» (номер держреєстрації 0116U003174).

**Мета і завдання роботи.** Метою роботи було з'ясувати еколого-біохімічні закономірності адаптації рослин *Calendula officinalis* L. і *Matricaria recutita* L. до агроекологічних умов Заходу України та формування якості лікарської сировини, залежно від впливу екологічних чинників і біостимуляторів росту.

Для досягнення мети були поставлені такі *завдання*:

– з'ясувати агроекологічні умови в зонах Передкарпаття й Західного Лісостепу та закласти польові дослідні ділянки з вирощування рослин *C. officinalis* та *M. recutita* із застосуванням біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим»;



– з’ясувати вплив біостимуляторів на морфометричні показники та оцінити врожайність рослин *C. officinalis* та *M. recutita* за умов вирощування в зонах Передкарпаття й Західного Лісостепу;

– дослідити вплив біостимуляторів росту на вміст пігментів фотосинтезу у клітинах рослин *C. officinalis* та *M. recutita* залежно від агроєкологічних умов культивування;

– визначити активність адаптивних антиоксидантних процесів у клітинах рослин, залежно від впливу біостимуляторів росту та умов вирощування;

– дослідити вміст біологічно активних речовин (аскорбінова кислота, флавоноїди, каротини, ефірні олії) у суцвіттях лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita* за різних агроєкологічних умов культивування;

– визначити інтегральну антиоксидантну активність водних та спиртових екстрактів суцвіть рослин *C. officinalis* та *M. recutita*, залежно від впливу на рослини біостимуляторів росту та умов вирощування.

*Об’єкт дослідження* – адаптаційні процеси у клітинах лікарських рослин та формування якості лікарської сировини за умов культивування у різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

*Предмет дослідження* – особливості біохімічних і морфо-фізіологічних адаптивних реакцій рослин *Calendula officinalis* L. сорту Польова красуня та *Matricaria recutita* L. сорту Перлина Лісостепу, формування врожаю і якості лікарської сировини за умов вирощування у зонах Передкарпаття й Західного Лісостепу і дії біостимуляторів росту («Вермимаг», «Вермийодіс», «Вермистим»).

*Методи дослідження* під час виконання роботи використані загальнонаукові та спеціальні: польові (закладання дослідних ділянок, ґрунтових розрізів, відбір зразків ґрунту і рослин, облік врожаю); лабораторні (біохімічні, агрохімічні, морфометричні дослідження); статистичні (обробка експериментальних даних).

**Наукова новизна отриманих результатів.** Основні положення дисертаційних досліджень, що визначають новизну отриманих наукових результатів, такі:

*Уперше:*

– встановлено, що біостимулятори росту «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим» за норми внесення по 5 л/га у фенологічних фазах сходів і бутонізації сприяють підвищенню значень морфометричних показників (висота пагона, кількість суцвіть та їх діаметр), врожайності і якості отриманої рослинної сировини *C. officinalis* і *M. recutita*, що відповідає вимогам Державної Фармакопеї;

– встановлено підвищення вмісту пігментів фотосинтезу у клітинах рослин *C. officinalis* та *M. recutita* залежно від застосування біостимуляторів росту та агроєкологічних умов культивування; виявлено лінійну залежність між вмістом окремих фракцій хлорофілу та врожайністю рослин;

– доведено, що за дворазового внесення біостимуляторів росту у різних умовах культивування покращується біохімічний баланс між прооксидантними і адаптивними антиоксидантними процесами в рослинах, а лікарська рослинна сировина характеризується меншим вмістом продуктів пероксидного окиснення ліпідів та збільшенням вмісту антиоксидантів: аскорбінової кислоти на 14,7–25 %, флавоноїдів на 9,3–14 % і каротинів на 15–23,9 %;

– з'ясовано, що агроєкологічні умови та аутоєкологічні адаптаційні процеси по-різному впливають на формування врожаю рослин *C. officinalis* та *M. recutita* і якості лікарської рослинної сировини, вирощуваної за дії біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим»;

– доведено, що застосування препаратів «Вермимаг» та «Вермийодіс» ефективніше сприяє підвищенню адаптаційних можливостей лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita*.

*Удосконалено*

– агротехнічні схеми вирощування *C. officinalis* сорту Польова красуня і *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу завдяки внесенню біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим».

*Отримали подальший розвиток:*

– положення про адаптивну природу формування якості лікарської рослинної сировини під впливом прооксидантно-антиоксидантних метаболічних процесів за різних агроекологічних умов вирощування, активізацію антиоксидантних реакцій і синтезу біологічно активних речовин у рослинах за дії біостимуляторів росту.

**Практичне значення роботи.** Використання біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» під час промислового вирощування рослин *C. officinalis* сорту Польова красуня та *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу в умовах фермерського господарства «Цана Романа» сприяє збільшенню урожайності *C. officinalis* на 1,2–1,4 ц/га та *M. recutita* на 0,9–1,1 ц/га і забезпеченню високої фармакологічної якості лікарської сировини. Практичне використання біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» підтвержене відповідним актом впровадження.

Основні положення дисертаційної роботи використані у навчальному процесі для підготовки здобувачів вищої освіти ступеня бакалавра, які навчаються на біолого-природничому факультеті Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка за спеціальностями 014 – середня освіта (Біологія та здоров'я людини) та 091 – біологія під час викладання навчальних дисциплін «Фізіологія рослин», «Основи сільського господарства», «Рослинність України», «Біологія лікарських рослин» та при виконанні курсових робіт. Відповідний акт впровадження поданий у додатках.

**Особистий внесок здобувача.** Авторка самостійно здійснила аналіз джерел літератури, виконала експериментальні дослідження, здійснила статистичну обробку результатів, сформулювала основні висновки роботи. Аналіз та інтерпретацію одержаних результатів, підготовку до друку частини публікацій за матеріалами дисертації здійснено разом із науковим керівником. Окремі дослідження виконано за участю співавторів публікацій.

**Апробація роботи.** Матеріали дисертаційної роботи були висвітлені на: II Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми

гуманітарних та природничих наук» (м. Ужгород, 8–9 квітня 2016 року), XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Валеологія: сучасний стан, напрямки та перспективи розвитку» (м. Дрогобич, 14 квітня – 16 квітня 2016 р.), III Міжнародній науковій конференції «Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень» (Березоточа, 14–15 липня 2016 року), III Міжнародній науково-практичній конференції «Стан природних ресурсів, перспективи їх збереження та відновлення» (Дрогобич, 12–14 жовтня 2016 року), International scientific conference «Human health: realities and prospects» (Czestochowa – Drohobych, 18–20 April, 2018), Conference Proceedings «The development of nature sciences: problems and solutions» (Brno, Baltija, 27–28 April, 2018), II International Scientific Congress SMART SOCIETY 2019 – II International scientific conference «Ecology and health issues» (Czestochowa – Drohobych, 11–12 April, 2019), XIV конференції молодих вчених «Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів» (Київ, 23–23 жовтня 2019 р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукових праць, із них – 4 статті у фахових виданнях, 1 стаття у міжнародних виданнях, що включені до наукометричних баз, 1 розділ монографії у міжнародних виданнях, 6 тез доповідей у матеріалах наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 197 сторінок, у тому числі містить 22 таблиці, 22 рисунки, 292 найменування використаної літератури, з них латиницею – 122.

## Розділ 1

# ЕКОБІОЛОГІЧНІ ТА МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН У ЗАХІДНІЙ УКРАЇНІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЯКІСНОЇ СИРОВИНИ

### 1.1. Морфофізіологічні особливості та лікувальні властивості *Calendula officinalis* L.

#### 1.1.2. Морфофізіологічні особливості *Calendula officinalis*

Нагідки лікарські (*Calendula officinalis* L.) – трав'яниста однорічна рослина з родини Айстрових (Asteraceae) роду Нагідки (*Calendula*), заввишки 30–70 см. Рослина характеризується гіллястою стрижневою кореневою системою, прямостійним, вгорі гіллястим, ребристим стеблом. Листки *C. officinalis* здебільшого чергові, рідше – супротивні, нижні – черешкові, довгасто-оберненояцеподібні, завдовжки 10–20 см та завширшки 1–4 см, верхні – сидячі, ланцетні, завдовжки 4–7 см [48; 73; 84; 143].

Квітки зібрані у верхівкові суцвіття – кошики, характерні для рослин родини Айстрових, від світло-жовтого до темно-оранжевого забарвлення [73; 84; 114]. Виділяють крайні (крайові) квітки – язичкові, які здатні утворювати плоди, діаметром 15–25 мм, та серединні – трубчасті, діаметром 5 мм, що є безплідними та продукують лише пилок [1; 48; 49; 84; 143]. Залежно від кількості рядів язичкових квіток селекціонери розрізняють такі ступені махровості суцвіття рослин *C. officinalis*: 1–2 ряди квіток вказують на немахрові суцвіття, язичкові квітки, розміщені у 3–5 рядів свідчать про напівмахрові суцвіття, а 7 та більше рядів виявлено у махрових суцвіттях. Суцвіття рослин також відрізняються за формою, яка може бути променевою, черепицеподібною, хризантемоподібною, анемоноподібною та гербероподібною [114].

Для рослин *C. officinalis* важливою зовнішньою морфологічною ознакою є тип суцвіття. Культурному виду притаманні такі типи суцвіття: немахрові із слабким забарвленням, містять блідо-жовті язичкові та жовті трубчасті квітки; немахрові, у яких язичкові квітки мають яскраво-рожеве забарвлення, а трубчасті – коричневе; немахрові, у яких язичкові квітки біля основи характеризуються темно-рожевим забарвленням, а на кінці – майже білим, трубчасті квітки жовтого забарвлення; махрові, у яких яскраво-рожеві язичкові та темно-коричневі трубчасті квітки [114].

Рослина цвіте з червня до кінця вересня, однак масове цвітіння спостерігається у липні–серпні [48; 84]. Плоди – сім'янки, що значно відрізняються за розмірами та формою, проте всі зігнуті, мають характерні шипи на випуклій стороні та вузький носик; здебільшого сіро-коричневого або ж світло-бурого забарвлення; зовнішні – серпоподібні, відрізняються найбільшими лінійними розмірами – до 3 см, середні, переважно, у формі дуги, внутрішні – гачкоподібні, завдовжки приблизно 1 см [25; 26; 37; 73].

Батьківщиною *C. officinalis* вважають Центральну та Південну Європу, ареал рослини розміщений у країнах Південної Європи, Передньої Азії та на Близькому Сході [40; 73; 84]. Уперше лікувальні властивості рослини засвідчили давньогрецькі лікарі ще у I ст. н.е. [83; 114]. З XII ст. її використовують для лікування у Київській Русі. *C. officinalis* почали культивувати як декоративну та лікарську рослину з XVII ст. [117] і на сьогоднішній день вирощують у багатьох країнах Європи, зокрема, Франції, Німеччині, Австрії, Угорщині, а також у США, Аргентині, Австралії, Росії тощо [73; 166].

З понад 20 видів нагідок в Україні росте лише два – нагідки польові (*Calendula arvensis* L.) та нагідки лікарські (*Calendula officinalis* L.), до того ж, лише у культурі. У харчовій промисловості суцвіття рослини використовують для виготовлення барвника й ароматизатора. До складу багатьох косметичних засобів входить екстракт квіток *C. officinalis*. Для лікарських потреб сорти рослини культивуються у спеціалізованих господарствах південних і східних областей України. У західних областях України вирощувати *C. officinalis* почали відносно

недавно. Рослина належить до багатотоннажних, оскільки її сировина має широке застосування. Наприкінці ХХ ст. щорічна заготівля ЛРС *C. officinalis* становила приблизно 200 т, однак ця кількість лише на третину задовольняла потреби держави в її сировині [59; 114].

### **1.1.2. Хімічний склад суцвіть *Calendula officinalis*, їх біологічна дія та лікувальні властивості**

Основною сировиною рослин *C. officinalis* є висушені квіткові кошики (суцвіття), проте у деяких країнах використовують усю рослину. Зокрема, насіння збагачене жирною олією і алкалоїдами, корені використовують головно як джерело інуліну, сапоніни містяться у всіх органах рослини тощо [114; 162; 166; 186].

Суцвіття (квітки) *C. officinalis* містять каротиноїди (загалом приблизно 3 % у перерахунку на суху масу), зокрема каротин (30 мг%), лікопін, ксантофіли (оксигеновмісні похідні каротину) – віолаксантин, цитроксантин, рубіксантин, флавоксантин, неуроспорин, лютеїн, зеаксантин, флавохром, хризантемаксантин [73; 127; 146; 168; 196; 207]; 0,33–0,88 % флавоноїдів, представлених 3-О-глікозидами ізорамнетину та кверцетину, а також виявлені гіперозид, астрагалін, рутин, ізокверцитрин [49; 154; 171; 218]; ефірну олію (приблизно 0,02 %), сапоніни, гірку речовину календен, смоли (3,0–3,44 %), дубильні речовини (6,4 %), слиз (до 2,5–4 %), інулін, аскорбінову та інші органічні кислоти (яблучну – до 6 %, саліцилову, пантадецилову), фітостерини, ензими, алкалоїди та тритерпендіоли (арнідіол, календулодіол (похідне лупеолу), фарадіол) тощо [8; 73; 84; 166].

Якість сировини *C. officinalis* регламентується, згідно з ДФУ та Європейською фармакопеєю, за вмістом флавоноїдів [65; 143]. Флавоноїди – це БАР, в основі яких лежить дифенілпропановий фрагмент, із загальною формулою  $C_6-C_3-C_6$  (рис. 1.1). У суцвіттях *C. officinalis* має бути не менше 0,4 % флавоноїдів у перерахунку на гіперозид (відповідно до ДФУ) або ж не менше

1,0% у перерахунку на рутин (відповідно до фармакопей деяких інших держав) [65; 73; 143].

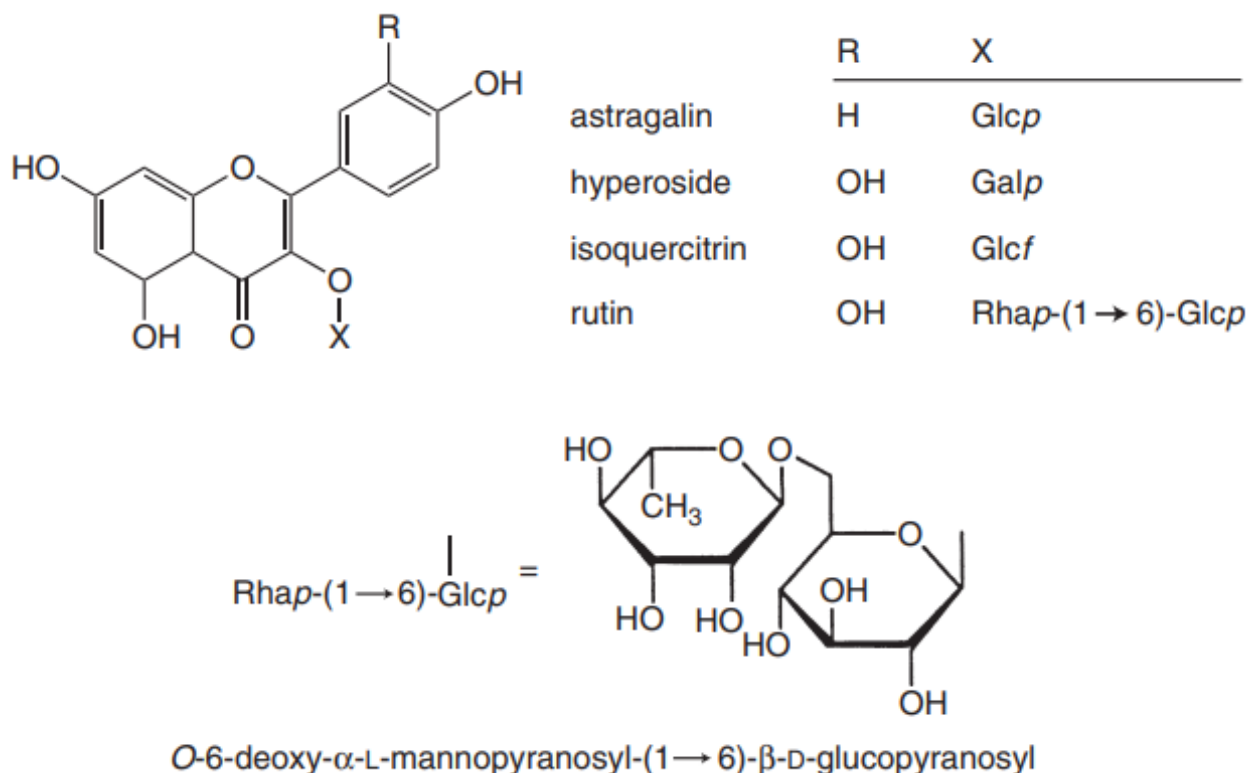


Рис. 1.1. Структурна характеристика основних флавоноїдів, що синтезуються рослинами *Calendula officinalis* L. [143]

Серед флавоноїдів у квітках рослин *C. officinalis* міститься також ізорамнетин-3-рутинозид. У дослідженнях А. Гудзенко [18] показано, що ізорамнетин-3-рутинозид можна використовувати як маркер для якісної та кількісної стандартизації квіток *C. officinalis* у фітозборах, до складу яких входять плоди шипшини, плоди та квітки глоду, шишки хмелю, листя м'яти перцевої, листя подорожника великого, квітки ромашки аптечної.

Флавоноїди в організмі людини спричиняють значний антиоксидантний ефект, беручи участь у окисно-відновних процесах [130; 134]. Фенольна структура цих речовин забезпечує їхню здатність протидіяти процесам пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ), а також утворювати хелатні комплекси з металами. Флавоноїди інгібують активність ензимів у циклі арахідонової кислоти, що пригнічує утворення АФК. Особливістю цих сполук є виражений синергізм дії



з антиоксидантними вітамінами, зокрема, з аскорбіною кислотою (АК) [109]. Окрім антиоксидантної дії, для флавоноїдів характерна Р-вітамінна активність, жовчогінна, спазмолітична, сечогінна, кардіо- та радіопротекторна, гіпоазотемічна, гіпоглікемічна, седативна, естрогенна, гіпотензивна, протизапальна дії [122; 152]. Так, рутин і кверцетин входять до групи вітаміну Р; рутин зумовлює зменшення проникності та ламкості судин; кверцетин має сечогінний, спазмолітичний, протизапальний ефект; гіперозид виявляє кардіотонічну, гіпотонічну, седативну дію [23].

Тритерпенові сапоніни (рис. 1.2) є похідними олеанолової кислоти – календулозиди, серед яких у ЛРС *C. officinalis* особлива роль належить календулозидам А і В.

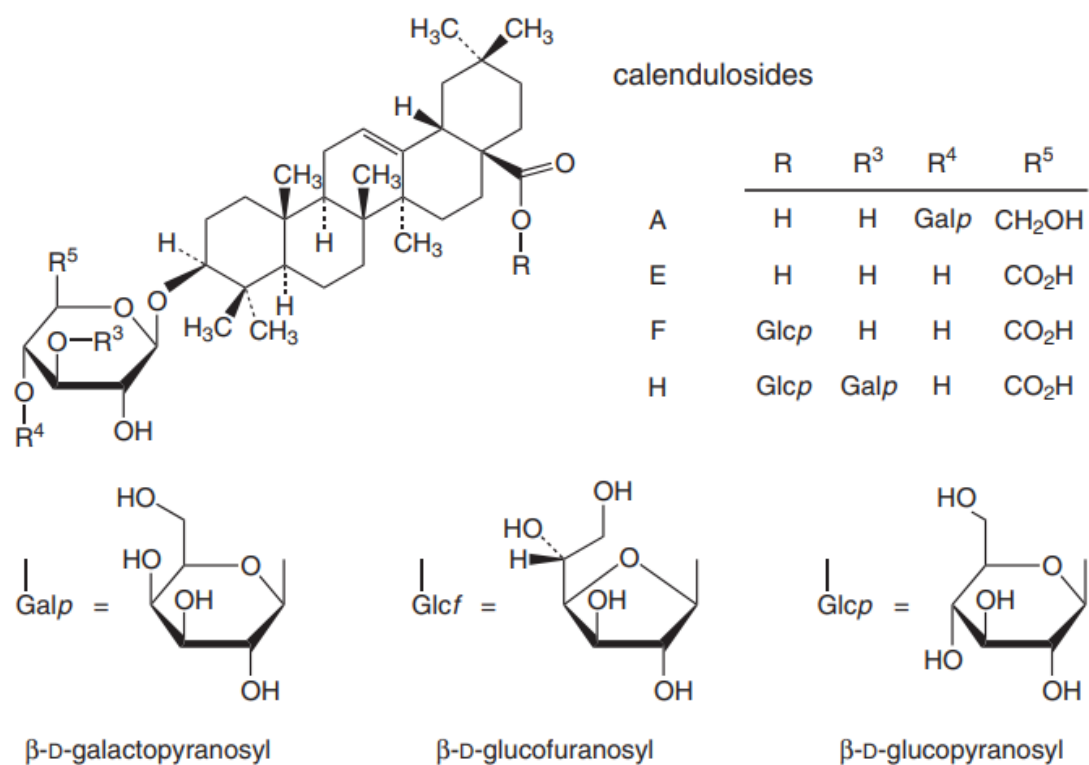


Рис. 1.2. Структурна характеристика тритерпенових сапонінів, що синтезуються рослинами *Calendula officinalis* L. [143]

Кліматичні умови та фенологічні фази вегетації впливають на накопичення сапонінів. Їх кількісний вміст у сировині рослини варіює від 2 до 10 %, причому у

результаті гідролізу вміст олеанолової кислоти становить понад 4 %. Завдяки поверхневій активності ці речовини здатні до регуляції проникності рослинних клітин. Значна кількість сапонінів приводить до пригнічення процесів росту у рослин і навпаки, коли їхня кількість є незначною, відбувається прискорення процесів проростання та розвитку рослин [119; 143; 214].

Сапоніни виявляють протифунгіцидну дію стосовно *Trichoderma viride*, а олеанолова кислота та її похідні зумовлюють бактерицидну дію щодо грамнегативної бактерії *Escherichia coli* тощо [214].

Тритерпеноїди *C. officinalis* мають протизапальні властивості, особливо виражені у моноестера фарадіолу [140].

Каротиноїди є речовинами полієнової природи, належать до тетратерпенів, а за хімічною будовою поділяються на дві групи – вуглеводні (каротини) та похідні вуглеводних з кисневмісними групами (ксантофіли) [14; 91; 204]. Виділяють три ізомери каротинів ( $C_{40}H_{64}$ ):  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -каротин, з яких у кишківнику людського організму за участю ензиму каротинази синтезується ретинол (вітамін А). З  $\alpha$ - і  $\gamma$ -каротину утворюється лише одна молекула, а з  $\beta$ -каротину – дві [38; 89]. Ретинол сприяє нормальному функціонуванню печінки, підвищує гостроту зору, забезпечує регуляцію росту та поділу клітин, синтез імуноглобулінів, пригнічує розмноження онкоклітин, стимулює синтез стероїдних гормонів [89]. На думку науковців [147; 154; 168], серед ксантофілів у суцвіттях рослини особлива роль належить неоквантину, лютеоксантину антроксантину та лютеїну. Японські вчені S. Kishimoto, T. Maoka, K. Sumitomo, A. Ohmiya [168] виявили 19 каротиноїдів у пелюстках різних сортів *C. officinalis*, зокрема флавоксантин, лютеїн, лютеоксантин, ауроксантин, антераксантин, рубіксантин, лікопін,  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -каротин тощо. Відомо [55; 57; 132; 148; 222], що зеаксантин та лютеїн містяться у сітківці та кришталику ока.

За фізико-хімічними властивостями каротиноїди є стійкими до зміни рН середовища, температур та витримують нагрівання до 130 °C. Це – відновники, тому при взаємодії з такими антиоксидантами, як АК та токоферол, їх стабільність зростає [10]. За рахунок гідрофобних властивостей каротиноїди

вбудовуються у мембрани клітин, зумовлюючи зміни їх проникливості та вплив на активність ензимів і рецепторів [90; 220].

Завдяки наявності полієнового ланцюга, а також делокалізованим  $\pi$ -електронній структурі, для якої характерний низький енергетичний рівень триплетного збудженого стану, каротиноїди виявляють антиоксидантну дію [12; 91]. Інгібують процеси вільнорадикального окиснення молекул біополімерів на початковій стадії, віддаючи чи приймаючи електрон від пероксидного радикала [10; 31; 32; 69; 90; 219]. Каротиноїдам властива фотозахисна (від УФ-випромінювання), радіопротекторна дія, вони протидіють мута- та канцерогенезу [46; 55; 174; 192; 222]. Також відомо [118; 163; 164; 180] про імуномодельючі властивості каротиноїдів, завдяки яким ці речовини здатні регулювати транскрипцію генів, що забезпечують активацію синтезу Т-залежних антитіл, цитокінів, інтерлейкінів, а також змінювати співвідношення деяких видів лімфоцитів.

Науковці І. Тернинко та В. Кисличенко [104] методом газохроматографічного аналізу встановили наявність у траві рослин *C. officinalis* 17 жирних кислот. Серед них: пальмітинова (26,12 %), міристинова (22 %), ліноленова, лінолева, лігноцерінова, лауринова, стеаринова, олеїнова, пальмітинолеїнова, бегенова, арахінова. При цьому у траві рослин *C. officinalis* переважають насичені жирні кислоти (76,58 %) [104].

АК (вітамін С, антискорбутний) – речовина, яка за хімічною структурою є похідною поліокси- $\gamma$ -лактонів ненасичених карбонових (L-гулових) кислот [94]. Найважливіші з них – фізіологічно активний ізомер L-аскорбінова кислота й дегідроаскорбінова кислота, які при відповідних умовах легко переходять одна в одну. АК в організмі взаємодіє з глутатіоном, токоферолом, забезпечує реакції мікросомального окиснення ендогенних речовин, активізує процес гідроксилування. Також зумовлює активність цитохрому P-450, макрофагів, нейтрофілів, сприяє фагоцитозу. АК притаманні антибактерійні властивості та підвищення неспецифічної резистентності організму [17; 95].

Завдяки широкому спектру БАР, що синтезуються у суцвіттях рослини, препарати, до складу яких входить ЛРС *C. officinalis*, характеризуються протизапальними, бактерицидними, гіпотензивними, седативними, кардіотонічними властивостями [27; 48; 49; 73; 84]. Бактерицидні властивості рослини проявляються стосовно багатьох збудників, однак найбільш виражені щодо стафілококів та стрептококів [201]. Екстракти ЛРС *C. officinalis* проявляють антиоксидантні властивості [125; 128; 139; 175; 179; 194; 197; 202; 223].

Завдяки протизапальним властивостям мазі, екстракти, до складу яких входять суцвіття *C. officinalis* широко застосовуються при порізах, ранах, опіках, відмороженнях, для лікування фурункульозу, гангрені, імпетигінозних екзем тощо.

Терапевтичний ефект застосування настоянки календули відомий при захворюваннях ротової порожнини та горла, зокрема гінгівітах, пародонтитах, ангіні, кандидозах у дітей, а також при різних формах блефариту [16]. Для лікування пародонтиту ефективно також застосування настою *C. officinalis* на оливковій олії (1:10), при афтозному стоматиті – відвар суцвіть [21].

ЛРС *C. officinalis* входить до складу комплексної терапії при таких захворюваннях шлунково-кишкового тракту, як гастрит, коліт, ентероколіт, виразкова хвороба шлунка і дванадцятипалої кишки. Також ефективна сировина рослини і при спленомегалії (збільшенні селезінки) [16]. Відомо [217] про лікувальний ефект рослини при хворобах гепатобіліарної системи, таких як холецистит (запалення жовчевого міхура); холангіт (запалення жовчних проток); жовтяниця; гепатит. Крім того, у результаті дії календулозидів спостерігається поліпшення секреторної і видільної функції печінки, зменшення концентрації білірубину та холестерину в крові. При цьому склад понад десяти фітозборів гепатопротекторної дії, які містять квітки нагідок, запатентовано [19; 47].

На думку науковців [141], сильно виражена антиоксидантна активність рослини зумовлена головно наявністю флавоноїдів (зокрема, кверцетину і рутину), поліфенолів, конденсованих дубильних речовин.

Завдяки вираженим сечо- та потогінним властивостям настій, настоянку та відвар квіток нагідок застосовують при хворобах сечового міхура, що пов'язані з надмірним відкладанням солей, бронхіті, а також при лікуванні захворювань серця, при яких спостерігаються пароксизми (посилені раптові напади серцебиття), задишка та набряки [16]. Настій квіток *C. officinalis* чинить седативну і анксиолітичну дію [88].

Спринцювання розчином настоянки календули – ефективний засіб для лікування гінекологічних захворювань, таких як ерозія шийки матки, кольпіт (вагініт), збудником якого є *Trichomonas vaginalis*. Також настій та настоянку квіток *C. officinalis* використовують з метою регуляції менструального циклу у разі аменореї та олігоменореї [16].

За даними літератури [35; 36; 18; 47] і на основі проведеного аналізу [50; 176], з'ясовано, що фармацевтичний ринок України наповнений достатньою кількістю препаратів вітчизняного виробництва, у складі яких є суцвіття *C. officinalis* або їх екстракти. Це – «Нагідок квітки», ПрАТ «Ліктрави», ТОВ «Тернофарм» та ін.; Календули настойка, ТОВ «ДКП «Фармацевтична фабрика» та ін.; Мазь «Календула», ПрАТ Фармацевтична фабрика «Віола» та ін.; комбінований рослинний препарат «Ротокан», Державне підприємство «Експериментальний завод медпрепаратів Інституту біоорганічної та нафтохімії Національної академії наук України»; у стоматології застосовується настоянка «Фітодент», ПАТ «Хімфармзавод «Червона зірка», ополіскувач порожнини рота «Доктор Біокон «Ромашка і календула», «Біокон»; при набряках та гематомах ефективний крем «Бальзам бодяга з екстрактом календули», «Georg BioSystems». Відомі фітозбори, що містять сировину рослини: «Елекасол» (ПрАТ «Ліктрави») застосовується як антисептичний та дезінфікувальний засіб; «Гастрофіт» (ТОВ «Науково-виробнича фармацевтична компанія «Ейм») – засіб, який впливає на систему травлення і метаболічні процеси; «Фітогепатол» (ПрАТ «Ліктрави») ефективний при біліарній патології; «Фітобронхол» (ПрАТ «Ліктрави») виявляє відхаркувальну дію, застосовується при кашлі та застудних захворюваннях тощо. Серед імпортованих препаратів, які містять екстракт *C. officinalis*, варто назвати

гомеопатичний препарат «Traumeel S» («Biologische Heilmittel Heel GmbH», Germany), у таких лікарських формах, як таблетки, розчин для ін'єкцій, мазь, гель; комплексний гомеопатичний засіб, що має протизапальну та муколітичну дію – таблетки «Гомеовокс» («Laboratoires BOIRON», Франція); ангіопротекторний гель «Venen Theiss» («Dr. Theiss Naturwaren GmbH», Germany); гомеопатичний засіб для місцевого застосування – настоянка «Календула» («Weleda», Швейцарія); спрей «Ангінал» («Д-р Мюллер Фарма», Чехія), у складі якого екстракт суцвіть *C. officinalis* забезпечує антибактеріальний, протизапальний, репаративний, капіляропротекторний, антиоксидантний ефекти. Екстракти суцвіть *C. officinalis* останніми роками активно використовуються у складі БАД для виготовлення білково-вітамінних препаратів різної функціональної дії (наприклад, натуральний гепатопротектор «Hepanase» (ТОВ «Новалік-Фарм», Україна), «Perfect vision» («BIOrganic pharmlaboratories»), «Lutein» («California Gold Nutrition», USA) та ін.) [50; 176].

Протипоказами до вживання лікарських препаратів та БАД, до складу яких входять суцвіття рослин *C. officinalis*, є підвищена чутливість до препаратів нагідок. Оскільки препарати *C. officinalis* впливають на менструальний цикл, а тритерпеноїди рослини зумовлюють сперміцидну та антибластоцидну дію, під час вагітності та лактації застосовувати їх не рекомендовано [73].

## **1.2. Морфологічні особливості та лікувальні властивості *Matricaria recutita* L.**

### **1.2.1. Морфобіологічна характеристика *Matricaria recutita***

Ромашки – трав'янисті рослини з сильним ароматичним запахом з родини Айстрові. Виділяють декілька близьких родів ромашок, зокрема, хамомілла, пукавка та піретрум [73].

Ромашка лікарська або ромашка аптечна (*Matricaria recutita*, синоніми *Chamomilla recutita*) – однорічна рослина 15–65 см заввишки, із розгалуженим,

борозенчастим стеблом. Листки завдовжки 2–5 см чергові, двічі- або тричіперисторозсічені, сидячі. Квітки дрібні, зібрані у верхівкові суцвіття – кошики. Крайові квітки кошиків язичкові, білі, серединні – трубчасті, жовті, розміщені на довгому, конічному, всередині порожнистому квітколожі. Рослина характеризується видовжено-конічним, що виступає, та порожнистим всередині квітколожем. Плід – довгаста сім'янка без чубка волосків. Цвіте у травні – вересні. Достигання плодів починається з липня [49; 73; 84].

Сировина рослини – квіткові кошики з коротким квітконосом (до 3 см), напівкулястої або конічної форми, діаметром 4–8 мм. Обгортка представлена двома або трьома рядами плівчастих листочків. Крайові квітки – неправильні, маточкові, язичковий віночок – тризубчастий, зав'язь – нижня. Серединні квітки правильні, дрібні, двостатеві із п'ятизубчастим віночком. Сировина *M. recutita* має сильний специфічний запах; смак – пряний, гіркуватий, злегка – слизистий [73].

Про лікувальні властивості рослини відомо здавна, її використовували ще у Стародавньому Єгипті, Греції та Римі [213], а в Україні – з часів Київської Русі [30]. *M. recutita* поширена у Європі та Східній Азії. Завдяки широкому спектру застосування її культивують в Англії, Іспанії, Чорногорії, Сербії, Хорватії, Бельгії, Франції, Німеччині, Угорщині, Польщі, Чехії, Болгарії, Туреччині, країнах Азії (Афганістані, Пакистані, Індії, Японії), на півночі Африки (Єгипті, Ефіопії), у Південній Америці (Кубі, Аргентині, Бразилії), Новій Зеландії тощо [73; 211].

У багатьох країнах *M. recutita* є досить поширеним дикорослим видом, сировину якого заготовляють. Однак відомі випадки (якщо збирання здійснюється не фахівцями), коли замість суцвіть *M. recutita* помилково заготовляють суцвіття інших видів ромашки, які не мають такого терапевтичного ефекту [149]. В Україні майже по всій території *M. recutita* росте невеликими заростями або групами як бур'ян на полях, у садах, на пустирях, вздовж доріг тощо [114]. Проте значний ареал рослини розміщений у південних областях України [110]. Натомість на

Заході, зокрема, в умовах Передкапраття, ареал незначний, зустрічається зрідка, у вигляді поодиноких угруповань, що є недостатньою базою цієї ЛРС [51].

*M. recutita* – світло- та вологолюбна рослина. Маловибаглива до ґрунту, проте на ділянках, збагачених нітратами, має більші розміри, рясніше цвіте. Інтенсивно розмножується самосівом [62]. У вологі роки проростає повторно у серпні – вересні і зимує у вигляді розеток. Період вегетації дуже короткий: з моменту проростання насіння до фази цвітіння проходить 50–70 днів. Тривалість цвітіння одного кошика – приблизно 8–10 днів [61; 110]. Увесь цикл розвитку рослини триває 3–4 місяці. *M. recutita* може розвиватися і як озима, і як ярова рослина. Восени формується розетка листків, і в такому стані зимує, а зацвітає на початку травня [110].

Рослина належить до типових експлерентів, активно займаючи едафотопи з порушеним рослинним покривом на перших стадіях його відновлення. При сприятливих екологічних умовах ценопопуляції *M. recutita* високопродуктивні та характеризуються високою щільністю особин. Проте конкурентоздатність рослини є незначною, чим пояснюється пригнічення її розвитку іншими більш конкурентоспроможними видами рослин [110].

### **1.2.2. Хімічний склад суцвіть *Matricaria. recutita*, їх біологічна дія та фармакологічні властивості**

Понад 120 хімічних сполук синтезуються рослиною *M. recutita* як вторинні метаболіти, що володіють певним терапевтичним ефектом [120; 211]. Проте найбільшу цінність суцвіть має ефірна олія, вміст якої становить 0,2–1,9 %. До її складу входять такі БАР (рис. 1.3): хамазулен (7–14 %), який утворюється із матрицину під час перегонки водяною парою, бісаболол (50 %), бісаболон (до 8 %), сесквітерпенові лактони (матрицин, матрикарин, кадінен, фарнезен, спантуленол) [73; 155]; монотерпени (лімонен (0,1 %), (Z) - $\beta$ -оцимен (0,69 %),  $\gamma$ -терпінен (0,17 %) тощо) [155]. За даними науковців [215], ефірна олія *M. recutita* містить понад 70 хімічних сполук.



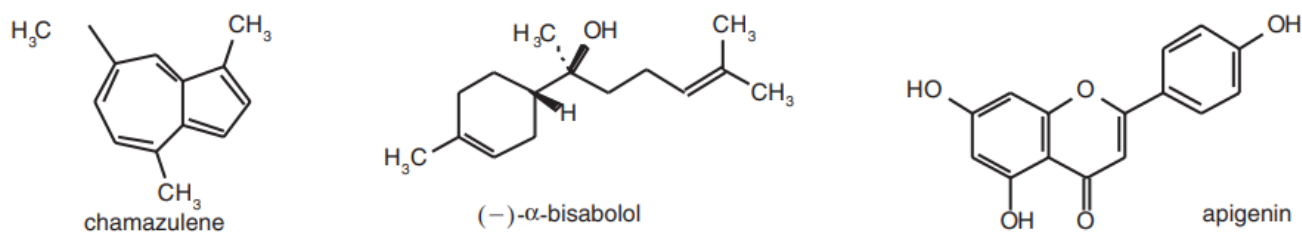


Рис. 1.3. Структурна характеристика основних БАР, що синтезуються рослинами *Matricaria recutita* L. [144]

Також суцвіття містять значну кількість флавоноїдів (до 8 %) [182], зокрема, флаволи: апігенін, апігенін-7-глюкозид, апігенін-7-глюкозид-6"-ацетат, апігенін-7-глюкозид-2"-ацетат, апігенін-7-глюкозид-2",3"-діацетат, апігенін-7-глюкозид-3",4"-діацетат, лютеолін, лютеолін-7-глюкозид, лютеолін-4'-глюкозид, лютеолін-7-рутинозид, 6-гідрокси-лютеолін-7-глюкозид, хризеріол-7-О-глюкозид, апіїн [73; 144; 151]. Серед флавонолів виявлено кверцетин, кверцетин-7-глюкозид, кверцетин-3-рутинозид, кверцетин-3-галактозид, патулентин, патулетин 7-глюкозид, ізорамнетин-7-глюкозид, хризопленол, яцеїдин, еупатолетин, спінацетин, аксилларин, еупалитин, хризоспленетин, астрагалін, 6-метиловий ефір 6-гідроксикемпферолу, 6,8-диметиловий ефір 6,8-дигідроксикверцетину; 0,1 % кумаринів (умбеліферон, а також його метиловий ефір герніарин) [73; 209]. Вуглеводи, у тому числі поліцукри (слизи – приблизно 10 %), представлені глюкуроною кислотою, ксилозою, арабінозою, галактозою, глюкозою, рамнозою. Також є фенолкарбонові кислоти та їх похідні – хлорогенова, анісова, ванілінова, саліцилова, кофейна, амінокислоти, жирні кислоти та холін [73]; АК та β-каротин [49]. Суцвіття *M. recutita* характеризуються вмістом макро- і мікроелементів, зокрема, К, Са, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Ва, J, Se [73].

Трава рослини також містить БАР, зокрема, ефірну олію, флавоноїди, кумарини, вуглеводи, аскорбінову кислоту, каротиноїди, аліфатичні спирти та їх похідні тощо [73].

α-Бісаболол, його оксиди та матрицин, який перетворюється на хамазулен, та інші флавоноїди, мають протизапальні [48] й спазмолітичні [58] властивості.

У траві рослин *M. recutita* науковці І. Тернинко та В. Кисличенко [104] виявили 16 жирних кислот, серед яких кількісно переважає незамінна ліноленова кислота (21,72 %). Також ідентифіковано пальмітинову (16,56 %), лінолеву (15,41 %), олеїнову (12,70 %), капринову, лауринову, міристинову, міристолеїнову, стеаринову, лігноцеринову, бегенову кислоти. Трава рослини характеризується більшим вмістом ненасичених жирних кислот, що становить 57,81 % [104].

Сировина рослини *M. recutita*, – висушені цілі кошики або суцвіття, квітки яких частково обсіпались, без квітконосів, проте допускається і з квітконосами, завдовжки до 3 см, дикорослого або культивованого виду *Matricaria recutita* L., зібрані на початку цвітіння, – повинна відповідати вимогам ДФУ [79]. Відповідно до фармакопейної статті (за національними вимогами), у ЛРС, у перерахунку на суху біомасу, має бути не менше 3 мл/кг ефірної олії, а сума флавоноїдів, у перерахунку на лютеолін 7-глюкозид, – не менше 1,0 %. Якість сировини залежить від генетичних особливостей та екологічних факторів [208].

ЛРС *M. recutita* виявляє такі фармакологічні властивості: антиоксидантні, протизапальні, антисептичні, антибактерійні, спазмолітичні, пом'якшувальні, жовчогінні, в'язучі, болезаспокійливі, потогінні, снодійні [30; 49; 129; 181; 210].

Лікувальні властивості препаратів *M. recutita* доведені експериментально і підтверджені у клінічних умовах [8]. Хамазулен та продукти його редукції – постазулен і бісаболол – зумовлюють протизапальну дію. Флавонові сполуки, особливо апіїн та апігенін, похідні кумарину і насамперед герніарин, бісаболол і спіроетер, характеризуються протиспастичною здатністю. Холін виявляє ліпотропну та виражену протизапальну дію; фарнезен є комплексом активних гормонів [48].

Антибактерійна дія екстрактів рослини проявляється головню за рахунок вмісту ефірної олії, флавоноїдів, феноло- та жирних кислот [205]. У дослідженнях N. Munir та ін. [187] стверджено, що етанольні і метанольні екстракти *M. recutita* проявляють антибактерійний ефект проти *Staphylococcus aureus* та *Escherichia coli*, водночас проти *S. aureus* ефект є більш вираженим.

Азуленові сполуки знешкоджують токсини бактерій та виявляють знеболювальну дію. Тому препарати, до складу яких входять суцвіття *M. recutita*, є ефективними при термічних і променевиx опіках I та II ступенів, а також клінічно доведено ефективність їх застосування їх в офтальмології та гінекології з очікуваною протизапальною дією.

Екстракти суцвіть рослин *M. recutita* впливають на метаболічні процеси. При цьому спостерігається зменшення гіперглікемії та діабетичних ускладнень, збільшення депо глікогену в печінці. Така активність зумовлена захисною дією на  $\beta$ -клітини панкреатичних острівців і зменшенням пов'язаного з гіперглікемією оксидативного стресу.

Екстракт суцвіть *M. recutita* знижує життєздатність онкоклітин та індукує у них апоптоз [190].

Ромашкова олія, або азулен, діє не менш ефективно й при пероральному та місцевому застосуванні (олійний розчин хамазулену). Протизапальні властивості азулену пов'язані з його гальмівною дією на виділення ендогенного гістаміну, збудженням ретикулоендотеліальної системи, а також з активізацією фагоцитарної властивості лейкоцитів. Ефірна олія ромашки збуджує центральну нервову систему, посилює рефлекторну діяльність організму, активізує функцію довгастого мозку, поліпшує дихання, прискорює серцевий ритм, розширює мозкові судини. Однак значні її дози викликають головний біль і загальну слабкість [49].

У дослідях на пацюках з'ясовано, що водно-спиртові екстракти рослини виявляють антиоксидантні властивості, захищаючи клітини легень від цитотоксичного ефекту гербіциду [199].

Глікозиди збільшують секреторну діяльність травних залоз, активізують жовчовиділення і збуджують апетит. Екстракт *M. recutita* – добрий спазмолітичний засіб при захворюваннях травного каналу, анацидному гастриті, спастичному коліті, що супроводжується процесом бродіння у кишківнику [9]. Ефективним є використання сировини рослини у складі екстемпоральної мазі для використання у дерматології, зокрема, при atopічному дерматиті [58].

ЛРС *M. recutita* є малотоксичною, тому допускається її застосування для лікування у педіатрії [49].

За даними літератури [35, 36] та результатами проведеного аналізу [51], з'ясовано, що на фармацевтичному ринку України є чимало фітопрепаратів, до складу яких входить сировина *M. recutita*. Зокрема, серед вітчизняних – антидіабетичний збір «Арфазетин» («Віола»); антисептичні й дезінфікувальні збори «Елекасол» і «Фітобронхол» (ПрАТ «Ліктрави»); комбінований рослинний препарат «Ротокан» («Мосфарма»); гель для місцевого застосування в стоматології «Камідент-Здоров'я» («Здоров'я»); настоянка «Фітодент» («Ефект»); складна настоянка «Простатофіт» (ТОВ «Науково-виробнича фармацевтична компанія «Ейм»). Серед імпортованих препаратів, до складу яких входить *M. recutita*, є: розчин «Ромазулан» («Biofarm», Румунія), який вживають при функціональних шлунково-кишкових порушеннях і як антисептик; «Дентінокс-Н гель» («Dentinox», Німеччина) застосовується для дітей під час прорізування зубів (Німеччина); гель «Камістад» – для місцевого застосування в стоматології («Stada Arzneimittel AG», Німеччина); розчин для ротової порожнини «Стоматофіт А» («Mefafyt», Польща), краплі «Іберогаст» («Bionogica», Німеччина) – для використання при функціональних шлунково-кишкових порушеннях.

Значний асортимент фітопрепаратів, що містять суцвіття *M. recutita* чи їх екстракти, визначається широким спектром дії БАР цієї рослини.

На фоні високої й різнопланової фармакологічної активності в *M. recutita* мало побічних ефектів. Відносно низький відсоток людей, чутливих до компонентів ромашки, мають розвиток алергічних реакцій [73].

### **1.3. Фізіолого-біохімічні та екобіологічні чинники формування високого вмісту біологічно активних речовин у лікарських рослинах**

#### **1.3.1. Характеристика системи антиоксидантного захисту рослин**

У відповідь на різку зміну екологічних, зокрема, абіотичних факторів, у рослинних організмах виникають компенсаторні й адаптивні реакції, у результаті яких фізіологічні, генетичні та біохімічні процеси проходять з певними змінами, що сприяють загартуванню до дії стресового чинника [124]. Відомо, що на клітинному рівні адаптивні реакції спершу виникають на цитоплазматичній мембрані [53]. Пошкодження на клітинній мембрані є результатом зростання вмісту АФК, зокрема, супероксидного аніон-радикалу, гідроксильного радикалу, синглетного кисню та пероксид водню, відбувається перебудова внутрішнього середовища клітини у результаті зміни рівня пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у стані прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в біологічних мембранах [53; 172]. Рослинним організмам у стані стресу властиві зміна експресії геному, підвищення активності антиоксидантних ензимів, накопичення низькомолекулярних органічних осматично активних речовин, синтез і виділення етилену [56; 142; 172; 184].

АФК функціонують як своєрідні сигнальні молекули у запуску каскаду захисних реакцій [172]. Стимуляція біосинтезу етилену за дії екологічних стрес-чинників вмикається генеруванням АФК та ініціює формування загальних і спеціалізованих механізмів адаптації [184]. Підвищення інтенсивності процесів ліпопероксидації індукує перебудови у захисній антиоксидантній системі, що приводить до зміни активності антиоксидантних ензимів та пулу низькомолекулярних антиоксидантів [142].

Постійна генерація АФК відбувається у рослин також у зв'язку зі здатністю до фотосинтезу. Тому підтримання окисного гомеостазу є важливою захисною функцією, яку виконує антиоксидантна система рослин [81]. Вона міститься у

хлоропластах, мітохондріях, пероксисомах, гліюксисомах, плазматичній мембрані [67].

Роль антиоксидантів полягає у зменшенні інтенсивності процесів вільнорадикального окиснення, зумовлюючи нейтралізацію вільних радикалів у результаті обміну власного атома Гідрогену (здебільшого) на кисень вільних радикалів [100].

Загалом антиоксидантна система представлена двома групами. До першої належать ензими, що є високомолекулярними сполуками. Серед найважливіших ензимів детоксикації АФК та їх продуктів – супероксиддисмутаза (СОД) [КФ 1.15.1.1]; каталаза [КФ 1.11.1.6]; пероксидаза [КФ 1.11.1.7]. Основна їхня роль полягає у зниженні рівня окисного стресу та попередженні негативних наслідків його дії [96].

Друга група представлена низькомолекулярними метаболітами. Це можуть бути деякі амінокислоти, поліаміни, сечовина, сечова кислота, глутатіон, аскорбінова кислота, токоферол,  $\beta$ -каротин, речовини поліфенольної природи (флавін і флованоїди), таніни, антоціани та ін., що синтезуються в організмі рослин залежно від періоду їх онтогенезу, генетичних особливостей та дії певного екологічного фактора [216].

Активність ензимів антиоксидантної системи може бути адекватною оцінкою стану рослин за стресових умов, тому доцільно детальніше з'ясувати їх значення.

### **Ензими антиоксидантного захисту рослин**

**Супероксиддисмутаза (СОД)** (КФ 1.15.1.1) є одним із ключових ензимів системи захисту клітин і тканин від окиснювальної деструкції. Унікальність його полягає у здатності каталізувати реакцію дисмутації супероксидного аніон радикалу  $O_2^-$  до молекулярного кисню та гідроген пероксиду, регулюючи у такий спосіб внутрішньоклітинну концентрацію вільних радикалів кисню [5; 145]. Це єдиний ензим, який безпосередньо забезпечує обрив ланцюгів киснезалежних вільнорадикальних реакцій у клітинах аеробних організмів [5].

Для рослин характерні декілька ізоформ СОД, в активних центрах яких виявлені іони металів, зокрема Cu/Zn-СОД, Fe-СОД або Mn-СОД [5; 85; 145; 198]. Cu-Zn-СОД виявлена у гіалоплазмі, хлоропластах та пероксисомах [131], Mn-СОД – у мітохондріях, Fe-СОД – у хлоропластах і гіалоплазмі [160; 185; 188]. Отже, найвища концентрація ензиму локалізована в хлоропластах. Проте кількість ізоформ ензиму, що локалізовані у різних субклітинних компартментах, а також їх співвідношення є індивідуальними для кожного виду рослин та кодуються відповідними генами. До того ж активність різних ізоформ ензиму у різних органах рослин – різна [85].

Активність СОД за дії несприятливих екологічних факторів, коли у рослинних організмах збільшується утворення АФК, може змінюватися по-різному, що залежить від тривалості й інтенсивності дії стресового чинника, а також від стійкості організму, в'язкості клітинної мембрани, фази розвитку рослин тощо [5; 85]. Зокрема, активність ензиму у листках рослин арабідопсису зростала під час цвітіння [150], а у рослин тютюну молоді листки вирізнялися вищою активністю СОД порівняно зі старими [178]. А також обробка насіння або проростків рослин речовинами, що забезпечують підвищення активності ензиму, сприяє інтенсивнішому росту за нормальних фізіологічних умов вегетації. На думку Л. Сахно [85], визначення активності СОД доцільно проводити з метою первинного скринінгу рослин на толерантність до дефіциту вологи та сольового стресу.

Активність СОД пов'язана з інтенсивністю ПОЛ та залежить від нагромадження інтермедіатів ПОЛ. З одного боку, накопичення токсичних пероксидних продуктів (пероксидів жирних кислот, альдегідів, кетонів та інших продуктів) викликає пригнічення активності СОД та інших ензимів антиоксидантного захисту (каталази, глутатіонпероксидази, глутатіон-редуктази). З іншого боку, за принципом зворотного зв'язку, зниження активності СОД, зумовленої впливом різних чинників, може спричинити активізацію процесів ПОЛ, що не завжди повертається до вихідного рівня, незважаючи на нормалізацію рівня СОД і антиоксидантів [68].

Одним із компонентів антиоксидантного захисту рослинної клітини виступає **каталаза** (КФ 1.11.1.6) – ензим класу оксидоредуктаз, притаманний більшості еукаріотичних організмів, у клітинах рослин виявлений у пероксисомах і цитозолі [24]. Відомо декілька ізоформ ензиму, що кодуються відповідними генами [206]. За нормальних фізіологічних умов роль ензиму полягає у регуляції вмісту гідроген пероксиду в організмі, запобіганні його токсичній дії, а також відіграє важливу роль у процесі старіння рослин [189]. Каталаза розщеплює гідроген пероксид з утворенням води й молекулярного кисню без використання відновлювального субстрату [24]. Також за участю ензиму відбувається багато метаболічно важливих реакцій. Молекулярні маси каталаз становлять 220–350 кДа; такий широкий діапазон залежить від способу виділення ензиму та методу його визначення [20]. Причиною цієї різниці може бути часткове виділення слабкозв'язаних протеїнових субодиниць у процесі виділення ензиму.

Каталаза займає одне з перших місць серед інших ензимів за каталітичною активністю, що дає змогу використовувати її як індикатор забруднень. Просторово основний фонд каталаз (до 80 %) локалізований у пероксисомах, значно менший (до 15 %) – у мітохондріях і ще менший (до 7 %) – у цитозолі [20].

Каталаза належить до гемопротеїнових ензимів, до складу яких входить Ферум. При цьому атом Феруму простетичної групи легко вступає в окисно-відновні реакції. Одна молекула рослинної каталази містить дві простетичні групи. Особливості їх зв'язку з протеїном до кінця невідомі, однак є припущення, що, крім ефірних чи інших зв'язків, через пропіоновокислі групи налагоджений зв'язок атома Феруму з атомом імідазолу, що належить до гістидинового залишку протеїнового ланцюга. Спектр поглинання каталази не змінюється за дії такого сильного відновника, як гідросульфат натрію: це свідчить про дуже сильну стабілізацію окисненого стану Феруму в молекулі ензиму. Валентний стан Феруму не змінюється і за розщеплення гідроген пероксиду цим ензимом. Каталаза інактивується синильною кислотою, сірководнем, гідроксиламіном і натрій азидом. Оптимальне значення рН для каталази – 6,8–7,2. Стійкість ензиму є слабкою у кислому середовищі, тому при значенні рН, нижчому за 3,0,



відбувається денатурація каталази. Активність ензиму значно залежить від температури, наприклад, при температурі вище 10 °С реакція розкладу гідроген пероксиду відбувається швидше. Науковці І. Доліба, Р. Волков та І. Панчук [24] досліджували каталазну активність рослин тютюну *Nicotiana tabacum* L. на стадії 4–6 листків. Вони з'ясували, що ензим не має вираженого температурного оптимуму, є нестабільним за наявності пероксиду водню, особливо в умовах гіпертермії. Проте температура 25 °С – найбільш оптимальна для активності каталази, що забезпечує максимальну стабільність ензиму [24].

Цікаво, що існує лінійна залежність між активністю ауксинів (ендо- чи екзогенного походження) і активністю каталази [206]. У рослин арабідопсісу показано циркадний ритм експресії генів каталази. Фаза максимальної активності ензиму припадає на початок світлового періоду та збігається із фазою експресії генів, що кодують процеси фотосинтезу [193].

**Пероксидаза** (КФ 1.11.1.7) – ензим, який у клітинах рослин локалізований у клітинних стінках, пероксисомах, мітохондріях, хлоропластах, цитоплазмі, вакуолях та ядрі (зокрема, у хромосомах та ядерці). Цей ензим каталізує реакції, у яких гідроген пероксид виступає акцептором електронів і бере участь в окисненні багатьох субстратів [2; 43].

Пероксидаза – двокомпонентний ензим, який складається з активної групи, що взаємодіє з субстратами, та колоїдного протеїнового носія, який посилює каталітичну дію цієї групи. Це глобулярний протеїн, діаметром 50 А°, який містить близько 43 %  $\alpha$ -спіральных ділянок у складі протеїнової частини молекули. Пероксидаза каталізує окиснення субстратів органічної природи за рахунок кисню, що виділяється при розкладі гідроген пероксиду. Ензим проявляє малу специфічність стосовно донорів гідрогену. Субстратами пероксидази є фенольні сполуки, поліфеноли у вільному стані або у формі різних складних сполук (глікозидів, дубильних речовин) й ароматичні аміни, діаміни, індофеноли, ароматичні амінокислоти, АК, нітрати [43; 92]. Цей ензим забезпечує осморегуляцію, сприяючи у такий спосіб захисту клітинної мембрани [15].

Узгоджена діяльність СОД, каталази та пероксидази дає можливість підтримувати стабільний рівень супероксидного радикалу і гідроген пероксиду у клітині [22].

### **Метаболіти прооксидантно-антиоксидантної системи рослин**

Антиоксиданти фенольної природи поділяють на декілька класів, однак найчисельнішим є **флавоноїди**. Це поліфенольні сполуки, що складаються із флавонового ядра, яке містить два ароматичні кільця, з'єднані С<sub>3</sub>-містком [20]. Флавоноїди виявлені практично у всіх рослинах. Відомо, що вони локалізовані здебільшого в квітках, листках, менше – у стеблах, кореневищах, коренях. Звичайно, кількість їх у різних рослин значно відрізняється і варіює у межах від 0,1 до 20 %, а також залежить від фази вегетації. Встановлено, що максимально синтез флавоноїдів відбувається під час цвітіння, потім їх вміст зменшується. Більшість цих БАР розчиняються у клітинному соку рослин і розміщуються у хлоропластах.

Фенольні сполуки в організмі рослин здебільшого локалізовані у вакуолі. Проте на початкових етапах онтогенезу вакуолі ще слабо розвинені, тому фенольні сполуки містяться у хлоропластах та ядрі [126; 167; 224].

Флавоноїди володіють високою антиоксидантною активністю і сприяють зменшенню наслідків вторинного окисного стресу [126; 170]. Це відбувається завдяки їх здатності перехоплювати вільні радикали [20].

**Аскорбінова кислота (АК)** бере участь у найважливіших енергетичних процесах рослинної клітини – фотосинтезі і диханні, у процесах росту, цвітіння, вегетативної і репродуктивної диференціації, у водному обміні, регуляції активності ензимів (виступає у ролі ко-фактора) [138], стимуляції реакцій метаболізму, пов'язаних з обміном нуклеїнових кислот і синтезом протеїну, в захисних реакціях рослин та є антиоксидантом.

Важливу роль в адаптації рослин до несприятливих екологічних факторів відіграє АК і ензими її перетворення для підтримання про/антиоксидантної рівноваги [156], оскільки вона виступає у ролі донора/акцептора електронів у транспорті електронів у плазматичній мембрані чи хлоропластах [138]. АК є

важливим низькомолекулярним антиоксидантом, одна з головних функцій якої – відновлення вільних радикалів і мінімізація порушення окисного стресу [156]. Накопичення та перетворення АК відбувається за участю ензимів циклу аскорбату: аскорбатоксидази (КФ 1.10.3.3) і аскорбатпероксидази (КФ 1.11.1.11). Аскорбатоксидаза каталізує процес перетворення та відновлення АК, а завдяки аскорбатпероксидазі відбувається нейтралізація гідроген пероксиду та інших активних форм окисену [111].

Також відомо [159], що АК відіграє додаткову роль у захисті чи регенерації окиснених каротиноїдів чи токоферолів. Вона – основний метаболіт у хлоропластах і становить приблизно 10 % розчинного вуглеводного пулу у листках рослин [191].

Досить актуальним є визначення взаємозв'язку активності антиоксидантів та концентрацією фотопродукції за основним продуктом вільнорадикального окиснення ліпідів – **малоновим діальдегідом (МДА,  $\beta$ -діальдегід)**. У результаті активації процесів ПОЛ у клітинах рослин можуть утворюватися дефекти у мембранах та мітохондріях унаслідок окиснення сульфгідрильних груп білків, що входять до складу мембрани. Процес збудження, що виникає, зумовлює надходження у клітину іонів натрію, а у мітохондрії – іонів калію. Відповідно у клітинах загалом та у мітохондріях зокрема підвищується осмотичний тиск і відбувається набрякання. Надалі інактивуються іонотранспортні ензими  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФази, що містять сульфгідрильні групи в активних центрах [4; 103]. Унаслідок інактивації цього ензиму у клітині затримуються іони кальцію, відповідно їхня концентрація збільшується та відбувається пошкодження органел клітини. Водночас підвищується проникність біліпідного шару мембран для іонів  $\text{H}^+$  і  $\text{Ca}^{2+}$ , у результаті чого у мітохондріях припиняється синтез АТФ, і клітини не отримують енергії, необхідної для функціонування [100]. Отже, порушується рівновага у системі прооксиданти-антиоксиданти і як наслідок – розвивається окисний стрес [80].

### 1.3.2. Роль фотосинтетичних пігментів у процесах життєдіяльності рослин

Основним процесом, що здійснює вплив на продуктивність рослин, є фотосинтез. Відомо, що до фотосинтетичного апарату вищих рослин входять два типи пігментів – хлорофіли та каротиноїди.

Пігменти належать до металопорфіринів, оскільки в основі їх структури лежить Mg-вмісне тетрапірольне ядро. Ці органічні сполуки локалізуються у хлоропластах вищих, або ж в хроматофорах нижчих рослин у вигляді пептидних комплексів, зумовлюючи їх зелене забарвлення.

Група хлорофілів включає такі сполуки: синьо-зелений хлорофіл *a* є складовою всіх фотосинтезних організмів, зокрема, вищих рослин, за винятком бактерій; зелено-жовтий хлорофіл *b* – складова вищих рослин і зелених водоростей, однак відсутній у бактерій і всіх інших водоростей; хлорофіл *c* – складова бурих і зелених водоростей; хлорофіл *d* – складова червоних водоростей; бактеріохлорофіл – складова фотосинтезних бактерій. Сьогодні відомі й охарактеризовані понад 50 хлорофілів. Найбільш відомі пігменти хлоропластів вищих рослин – хлорофіл *a* і хлорофіл *b*, а основною їх функцією є фотосинтез. У вищих рослин, в основному, співвідношення між хлорофілом *a/b* становить здебільшого 3:1, проте може перебувати у межах від 2:1 до 5:1 [13; 87]. Загальний вміст хлорофілів у рослинах може становити від 0,6–1,2 % сухої маси. Проте за умов недостатнього зволоження їх вміст зменшується [66].

Для молодих листків характерна переважальна інтенсивність синтезу хлорофілу, що майже у 13 разів вища порівняно зі старими [13].

У рослин виділяють два великі класи каротиноїдів – каротини та ксантофіли. До складу каротинів входять молекули тетратерпенів, побудовані із карбонового скелету і атомів Гідрогену. Натомість молекули ксантофілів містять атоми Оксигену [204]. Каротиноїди забезпечують передачу поглиненої ними енергії на хлорофіл реакційного центру; виконують захисну роль, яка полягає у деактивації триплетного стану хлорофілу, ліквідації АФК та ПОЛ тощо; беруть

участь у регулюванні мікрів'язкості мембрани завдяки епоксидатії і депоксидатії ксантофілів у мембрані тилакоїдів [158; 161]. Вони залучені до фотосинтезу, дихання та процесів росту рослин. Також каротиноїди сприяють заплідненню, прискорюють процеси проростання пилку й росту пилкових трубок [55; 132; 222].

Вміст фотосинтетичних пігментів впливає на інтенсивність фотосинтезу [78; 105]. Більшість однорічних рослин характеризується значною зміною інтенсивності фотосинтезу під час вегетації, зокрема, до фази бутонізації та цвітіння вона зростає, а після закінчення цвітіння – різко знижується [66; 97].

Оскільки енергетична основа фотосинтезу полягає у поглинанні фотосинтетичними пігментами сонячної енергії, що надалі використовується для синтезу органічних речовин, існує певний зв'язок між вмістом хлорофілу і продуктивністю рослин. Основна роль при цьому належить хлорофілу *a*. Існує зв'язок вмісту хлорофілу в листках і хлорофільного індексу посівів озимої пшениці в період наливання зерна з урожайністю [75]. Тісну кореляцію між сумою фракцій хлорофілу *a* і *b* та продуктивністю рослин виявлено під час досліджень, проведених на рослинах пшениці твердої ярої [78].

Хлорофіл виконує роль природного датчика стану клітин рослинних організмів, оскільки його концентрація та оптичні властивості зазнають змін ще на початкових етапах порушення фізіологічного стану рослин. Тому дослідження вмісту пігментів фотосинтезу можна використовувати з метою експресдіагностики стану організму рослин у сільському господарстві, а також під час екологічного моніторингу [101].

### **1.3.3. Біостимулятори росту рослин, їх властивості та механізм дії**

Особливістю підвищення продуктивності лікарських рослин під час їх культивування є застосування біологічно активних, екологічно безпечних препаратів із мінімальним внесенням хімічних засобів [106]. Останнім часом

пріоритетними є препарати та речовини, які можна застосовувати у малій кількості: вони ефективні, задовольняють екологічні та економічні потреби [108].

Регулятори росту рослин – це природні або синтетичні сполуки, які мають широкий спектр дії, характеризуються здатністю до спрямованого регулювання окремих фаз вегетації, мобілізуючи потенційні можливості рослини, та зумовлюють більш повну реалізацію генетичних особливостей сорту. У результаті дії регуляторів росту відбуваються зміни спрямованості фізіолого-біохімічних процесів, що сприяють підвищенню рівня життєдіяльності рослин, зокрема формуванню більш потужного фотосинтетичного апарату, активації процесів синтезу, накопиченню і перерозподілу асимілятів, азотовмісних сполук у різних органах рослин залежно від періоду онтогенезу, а також із вегетативних органів до плодів [3; 44]. Розрізняють стимулятори росту та ретарданти, які вибірково пригнічують певні процеси з метою підвищення продуктивності рослин та якості їх продукції [77].

Індивідуальна продуктивність рослин значно залежить від особливостей перерозподілу метаболітів, співвідношення процесів росту та фотосинтезу. Особливе значення відіграють біостимулятори росту, які містять збалансований комплекс БАР, головними з яких є природні фітогормони. Вони впливають на систему гормональної регуляції, яка визначає характер таких найважливіших фізіологічних процесів, як ріст, утворення нових органів, перехід рослини до фази цвітіння, початок старіння, стану спокою чи вихід з нього [70; 71; 77].

Біостимулятори росту сприяють інтенсивнішому використанню поживних речовин ґрунту і мінеральних добрив, посилюють захисні властивості рослин щодо збудників різних захворювань, вилягання, підвищують посухо- та морозостійкість [76].

Завдяки дослідженням науковців С. Пономаренка та співороб. з'ясовані молекулярно-генетичні механізми імунно-опосередкованої дії регуляторів росту, які проявляються завдяки ендогенному пулу фітогормонів [72].

На процеси пристосування до несприятливих умов стимулятори росту рослин впливають завдяки своїй здатності інтенсифікувати діяльність клітинного апарату та зумовлювати зміни в будові рослин [70].

Регулятори росту рослин сприяють прискоренню процесів метаболізму у їх клітинах, що зумовлює зростання активності ензимів [28].

Біостимулятори росту і розвитку, володіючи поліфункціональною дією, регулюють багато біохімічних процесів у рослинах. Переміщаючись у рослині, вони проникають у клітини тканин-мішеней, що відрізняються підвищеною чутливістю до гормонів. Проникнувши в клітини, препарат зв'язується з протеїнами-рецепторами, які є провідниками гормональної дії в клітині. Взаємодія біостимулятора і рецептора приводить до біохімічних реакцій, які забезпечують реалізацію фізіологічної дії цього препарату. Найбільш відомі компоненти стимуляторів, що застосовуються в Україні: ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизіни, етилен, гумінові сполуки. Відомо, що в «Державному реєстрі пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» зареєстровано понад 50 регуляторів та рідких органічних добрив, що містять ростостимулювальні речовини, виготовлені на гуміновій основі [86]. Одними з них є комплексні гумінові біопрепарати «Вермистим», «Вермимаг» та «Вермийодіс» виробництва ПП «Біоконверсія», до складу яких входять усі компоненти вермикомпосту [11; 86].

Гумати – це біополімери, які відзначаються високою біодоступністю для кореневої системи рослин та здатністю до іонного обміну. Вони зумовлюють стимуляцію росту, поліпшують живлення азотом та зольними елементами [39]. Таким чином, у рослину із гуміновими речовинами потрапляють фосфор, калій, кальцій, сульфур й інші мікроелементи, а також амінокислоти, вітаміни тощо. Гумінові добрива впливають на рослину протягом усього періоду вегетації. У клітинах рослин гумінові речовини впливають на активність ензимів та сприяють синтезу стимулювальних речовин самою рослиною. Унаслідок цього впливу проходить акумуляція енергії клітини, активізуються метаболічні процеси [86]. Науковці В. Кочубей, В. Семенюк, О. Карпенко та В. Скорохода [39]

стверджують, що для гумінових кислот, отриманих із копроліту (продукт життєдіяльності дощових черв'яків), характерний високий вміст аліфатичних фрагментів у їх молекулах та підвищений уміст кислотних груп. У результаті такої структури молекул цих гумінових кислот зростає їхня здатність проникати в мембрани клітин та брати участь у важливих для живлення рослин іонообмінних процесах.

#### **1.3.4. Екобіологічні аспекти вирощування *Calendula officinalis* та *Matricaria recutita* у Західній Україні**

В Україні *C. officinalis* та *M. recutita* належать до найбільш поширених культивованих лікарських рослин [60]. Згідно з даними літератури [59], загальна площа, на якій вирощують *C. officinalis*, становить приблизно 300 га, проте цього для забезпечення потреб фармацевтичної промисловості недостатньо. До того ж отримана ЛРС має бути сертифікована відповідно до міжнародних вимог щодо виробництва лікарських засобів, до складу яких вона входить, а також особливостей культивування та збирання лікарських рослин (GMP, GACP) [45].

Науковці М. Мусієнко, Л. Бацманова та О. Войцехівська стверджують [64], що рослинництво в Україні є екологічно залежним, у зв'язку з чим потрібно враховувати вплив кліматичних відхилень на величину врожаю, його якість та за рахунок максимального використання онто- та філогенетичної адаптації культурних видів до умов навколишнього середовища підвищувати надійність агроценозів. Важливо також підвищувати роль екзогенної регуляції адаптаційними реакціями. Тому актуальним видається питання пошуку екологічно безпечних агротехнічних прийомів культивування лікарських рослин у різних агроекологічних умовах України з метою отримання сировини високої якості.

Суттєві зміни інтенсивності (та локалізації) росту і розвитку, що впливають на формування якісної сировини лікарських рослин, зумовлюються їхнім генетичним потенціалом, а також особливостями перебігу фізіолого-біохімічних



процесів залежно від фенологічних фаз розвитку та сезонних і добових коливань напруженості основних абіотичних факторів – температури, вологості, живлення тощо. Задля отримання високого врожаю рослин необхідно приділяти значну увагу показнику індивідуальної продуктивності. Інтенсифікація процесів росту та розвитку лікарських рослин відбувається завдяки ефективному використанню ґрунтово-кліматичного потенціалу та застосуванню найбільш оптимальних технологічних прийомів [98].

За даними С. Сухар [98], у зоні Західного Лісостепу (ґрунт – чорнозем вилугуваний) рослини *C. officinalis* сорту Кальта доцільно сіяти з міжряддям 60 см. При цьому для рослин характерним є збільшення висоти на 15–20 % та загалом надземної частини на 20–25 %. За сівби рослин з міжряддям 60 см автор відзначає найвищі показники поверхні листкової пластинки, а отже, інтенсивності фотосинтезу, загальної кількості суцвіть, індивідуальної продуктивності рослин *C. officinalis*.

В Україні селекційні дослідження з рослинами *M. recutita* були започатковані науковцями Лубенської дослідної станції лікарських рослин під керівництвом С. Яковлевої у 1926 р. [52]. Особливості культивування рослини у різних регіонах України залежать від екологічних чинників: необхідною умовою є достатня зволоженість ґрунту, несприятливим фактором – суховій тощо. Тому екологічні фактори необхідно враховувати при виборі строку посіву рослини. Дослідженням продуктивності *M. recutita* в агроекологічних умовах Західного Лісостепу залежно від впливу агротехнічних заходів займався професор І. Ковтуник [7]. М. Бахмат та Т. Падалко [7] дослідили, що у ґрунтово-кліматичних умовах Правобережного Лісостепу сприятливішими для розвитку рослин ромашки виявляються умови за озимого посіву. Однак вони з'ясували, що при озимому посіві рослини більше засмічуються багаторічними бур'янами, ніж при весняному. Рослини, сівба яких була проведена навесні, характеризуються більшою засміченістю одно- та дворічними бур'янами. Проте завдяки особливостям онтогенезу рослини *M. recutita*, що ростуть у достатньо зволоженому та забезпеченому необхідною кількістю мінеральних речовин

ґрунті, є конкурентоздатними щодо цих бур'янів. Однак багаторічні бур'яни зумовлюють значний негативний вплив на ріст і розвиток рослин *M. recutita* [7; 110]. Відомо [133; 177], що значна забур'яненість може зумовлювати нестачу мінерального живлення для культурних рослин.

В умовах Передкарпаття оптимальною є сівба рослин *M. recutita* ранньою весною [116].

З-поміж багатьох екологічних факторів, що впливають на врожайність сировини *M. recutita* хорватські вчені I. Kisić, M. Kovač, J. Ivanec [169] виділяють кліматичний, зокрема, інтенсивність опадів за декілька тижнів до початку фази цвітіння. Важливе значення має інтенсивність опадів, особливо за декілька тижнів до збору сировини *M. recutita*, відзначають і науковці В. Мойсієнко та О. Назарчук під час вирощування рослин в агроекологічних умовах Полісся [62]. Іранські науковці [153] вивчали вплив внесення біогумусу під час культивування рослин *M. recutita*. Їхні дослідження засвідчили зростання врожаю свіжої сировини, сухої біомаси та вмісту ефірної олії у рослинах, зібраних з ділянок, на які вносили 135 кг/га амоній нітрату + 3 т біогумусу.

Враховуючи значний попит на сировину *M. recutita*, доцільним є дослідження технології вирощування рослини, зокрема, впливу окремих технологічних заходів на процеси її росту та розвитку [61] у різних агроекологічних умовах.

## Висновок до розділу 1

Лікарські рослини родини Asteraceae *Calendula officinalis* L. та *Matricaria recutita* L. здавна використовуються у лікувальній практиці багатьох країн на різних континентах, у тому числі й Україні. Завдяки широкому спектру БАР, що синтезуються у суцвіттях рослин, препарати, до складу яких входить їх ЛРС характеризуються протизапальними, бактерицидними, антиоксидантними, седативними властивостями, ефективні при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, гепатобіліарної системи тощо.

Однак існує значна необхідність у доброякісній сировині цих рослин, оскільки для забезпечення потреб фармацевтичної галузі її недостатньо.

Під час культивування рослини зазнають впливу різних екологічних факторів. Серед абіотичних найчастіше спостерігається різка зміна клімату та порушення забезпечення елементами живлення. Унаслідок цього, а також у зв'язку зі здатністю до фотосинтезу, в організмі рослин постійно утворюються АФК. Завдяки фізіолого-біохімічним процесам, які забезпечуються системою прооксиданти-антиоксиданти, в організмі рослин підтримується окисний гомеостаз.

На продуктивність рослин певним чином впливає інтенсивність фотосинтезу, що залежить від вмісту фотосинтетичних пігментів.

Для поліпшення процесів росту та розвитку рослин, стійкості до несприятливих екологічних факторів, підвищення їх продуктивності доцільно застосовувати біостимулятори росту, що є ефективними та екологічно безпечними засобами.

Особливості культивування лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita* в умовах Заходу України дещо відрізняються від вирощування цих рослин у інших регіонах держави, що зумовлено впливом агроекологічних умов.

### Список використаних джерел до розділу 1

1. Абрамчук А. В., Карпухин М. Ю. Сравнительная оценка сортов календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.). *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 2 (144). С. 7–12.
2. Андреева В. А. Фермент пероксидаза. Москва : Наука, 1988. 128 с.
3. Анишин Л. А., Пономаренко С. П., Жилкин В. О, Грицаенко З. М. Технологии применения регуляторов роста растений в земледелии. Киев : Агробиотех, 2006. С. 7–22.
4. Бакун В., Пацула О., Терек О. Інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у рослин соняшнику і ріпаку за дії трептолему в умовах токсичного впливу

іонів цинку та міді. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2011. Вип. 55. С. 194–200.

5. Бараненко В. В. Супероксиддисмутаза в клітках рослин. *Цитологія*. 2006. Т. 48. № 6. С. 465–474.

6. Баранов В., Ващук С., Карпінєць Л., Бешлей С., Соханьчак Р. Вплив регуляторів росту на фізіолого-біохімічні показники рослин *Betula pendula* Roth. та *Pinus sylvestris* L. на породних відвалах вугільних шахт. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2018. Вип. 79. С. 176–183. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/9357/9566>.

7. 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. Вип. 101. С. 3–9. URL: [http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101\\_2018/3.pdf](http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101_2018/3.pdf).

8. Безкоровайна О. І., Терещенкова І. І. Лікарські трави в медицині : монографія. Харків : Факт, 2002. С. 152–155.

9. Бобирьов В. М., Дев'яткіна Н. М. Нові механізми дії ромашки та календули як основа їхнього застосування в сучасних лікарських засобах для стоматологічної практики. *Фармакологія та лікарська токсикологія*. 2014. №1. С. 3–9. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/flt\\_2014\\_1\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/flt_2014_1_2).

10. Божко Н. В., Тищенко В. І. Застосування бета-каротину як натурального барвника в ковбасних продуктах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2015. Вип. 15. Т. 1. С. 226–233. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau\\_2015\\_15\\_1\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2015_15_1_32).

11. Борисюк П. Г., Мельник І. П. Нові препарати органічного походження при вирощуванні цукрових буряків. *Цукрові буряки*. 2013. № 5. С. 21–22.

12. Бриттон Г. Біохімія природних пігментів. Москва : Мир, 1986. 422 с.

13. Буйдіна Т. О., Рожок О. Ф. Вміст хлорофілів у листках витких троянд. *Інтродукція рослин*. 2014. № 2. С. 95–98. URL: [http://nbv.gov.ua/UJRN/IR\\_2014\\_2\\_14](http://nbv.gov.ua/UJRN/IR_2014_2_14).

14. Велигодська А. К., Федотов О. В. Отримання та аналіз препаратів каротиноїдів деяких штамів ксилотрофних базидіоміцетів. *Visn. Dnipropetr. Univ.*

*Ser. Biol. Ekol.* 2016. Вип. 24. № 2. С. 290–294. URL: <https://doi.org/10.15421/011637>.

15. Гащишин В. Р., Пацула О. І., Терек О. І., Вплив іонів цинку й міді та трептолему на вміст пероксиду водню й активність каталази та пероксидази рослин *Brassica napus* L. *Укр. ботан. журн.* 2012. Т. 69. № 5. С. 743–745.

16. Горчакова Н. О., Гоц Т. Ю., Галкін Ю. О. Фармакотерапевтичне обґрунтування застосування лікарських рослин в ендокринній гінекології (Огляд літератури). *Фітотерапія* : часопис. 2017. № 3. С. 6–14.

17. Горчакова Н. О., Олійник С. А., Гаркава К. Г., Купраш Л. П., Чекман І. С., Туманов В. А. та ін. Антиоксидантні засоби – необхідні компоненти комплексної фармакотерапії. *Фітотерапія в Україні.* 2000. № 1 (9). С. 7–13.

18. Гудзенко А. В. Розробка ВЕРХ методики визначення ізорафнетин-3-рутинозиду в лікарських засобах квіток нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.). *Фармакологія та лікарська токсикологія.* 2015. Вип. 42. № 1. С. 82-87.

19. Гудзенко А. В. Розробка підходів до стандартизації квіток нагідок лікарських у багатокомпонентних рослинних сумішах. *Фітотерапія* : часопис. 2011. № 1. С. 80–83.

20. Гудков С. В., Брусков В. И., Куликов А. В., Бобылёв А. Г., Куликов Д. А., Молочков А. В. Биоантиоксиданты (Часть 1). *Альманах клинической медицины.* 2014. № 31. С. 61–65. URL: <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2014-31-61-65>.

21. Двудіт І. П. Актуальність застосування фітопрепаратів як лікувально-профілактичних засобів у пародонтологічних хворих. *Клінічна стоматологія.* 2016. № 2. С. 8–13.

22. Демура Т. А., Гришко В. М. Зміни про-/антиоксидантної рівноваги у проростків кукурудзи за різного рівня накопичення кадмію та нікелю. *Вісн. Харків. аграр. ун-ту. Сер. біол.* 2008. №1 (13). С. 22–29.

23. Деркач Т. М., Страшний В. В., Старікова О. О., Лисенко С. М. Вміст біологічно активних речовин та елементарний склад трави звіробою різних

виробників. *Фармацевтичний часопис*. 2018. № 4. С. 5–13.  
URL: <https://doi.org/10/11603/2312-0967.2018.4.9576>.

24. Доліба І. М., Волков Р. А., Панчук І. І. Метод визначення каталазної активності у рослинному матеріалі. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2010. Т. 42. № 6. С. 497–503.

25. Дюсембаева К. К. Влияние гетерокарпии на развитие растений *Calendula officinalis* L. *Вестник науки Акмолинского аграрного университета им. С. Сейфуллина*. 2001. Т. 2. С. 160–164.

26. Ельчининова О. А., Царегородцева Е. Ж. Форма и размеры высеваемых семян как фактор формирования урожайности лекарственного сырья календулы лекарственной в низкогорной зоне Горного Алтая. *Научный журнал КубГАУ*. 2017. № 125 (01). URL: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-125-020>.

27. Зузук Б. М., Куцик Р. В., Калугина С. М., Гудивок Я. С., Куровець Л. М. Календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.). Аналитический обзор. *Провизор*. 2001. №4–5. С.29–31.

28. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 61–65. URL: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-10](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-10).

29. Карпенко В. П., Просянкін Д. І. Ліпопероксидаційні та антиоксидантні процеси в рослинах вівса голозерного за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2015. № 1. С. 47–50.

30. Кіцера Н. І., Кіцера Р. О. Застосування ромашки в медичній практиці. *Жіночий лікар*. 2011. № 5. С. 48–49.

31. Колісник М. І., Борецька Н. І., Камінська М. В. Вплив біомаси каротиносинтезуючих дріжджів *Phaffia rhodozyma* на стан антиоксидантної системи печінки при інтоксикації щурів тетрахлоретаном. *Мед. хімія*. 2007. Вип. 9. № 3. С. 37–40.

32. Колісник М. І., Борецька Н. І., Сологуб Л. І. Стан вільнорадикального окиснення і антиоксидантної системи захисту у щурів при згодовуванні дріжджів *Phaffia rhodozyma*. *Біологія тварин*. 2007. Вип. 9. № 1–2. С. 203–207.
33. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В., Ястреб Т. О. Функционирование антиоксидантной системы растений при солевом стрессе. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологічна*. 2017. Вип. 3 (42). С. 23–45.
34. Колупаєв Ю. Є. Роль основних сигнальних інтермедіантів у формуванні адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. 2009. Т. 2. С. 166–194.
35. Компендиум. Лекарственные препараты 2007 / под ред. В. М. Коваленко, А. П. Викторова. Киев : Морион, 2007. Т. 1. 1128 с.
36. Компендиум. Лекарственные препараты 2007. / под ред. В. М. Коваленко, А. П. Викторова. Киев : Морион, 2007. Т. 2. 1126 с.
37. Костылев Д. А., Исмагилов Р. Р., Тимофеева О. В. Семенной материал календулы лекарственной в Предуралье. *Аграрный вестник Урала*. 2011. Вып. 1. № 80. С. 9–10.
38. Котюк Л. А. Вміст аскорбінової кислоти і каротину у сировині пряно-ароматичних рослин родини *Lamiaceae* Lindl. *Біологічні студії*. 2013. Т. 7. № 2. С. 83–90. URL: <https://doi.org/10.30970/sbi.0702.292>.
39. Кочубей В. В., Семенюк І. В., Карпенко О. В., Скорохода В. Й. Фізико-хімічні дослідження структури гумінових кислот. *Chemistry, Technology and Application of Substances*. 2020. Vol. 3. No. 1. P. 22–26.
40. Кривуненко В. П. Ноготки лекарственные *Calendula officinalis* L. *Лекарственные растения: вековой опыт изучения и возделывания* / под ред. А. Т. Горбаня, С. С. Горлачовой, В. П. Кривуненко и др. Полтава : Верстка, 2004. С. 124.
41. Кузьменко А. С. Вплив мікробіологічних препаратів на врожайність суцвіть *Calendula officinalis* L. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 3. С. 76–78.
42. Кунах В. А., Можилевська Л. П. Тривалість життя людини і біотехнологія рослин. *Агробіологія*. 2017. № 1. С. 18–25.

43. Курилено І. М., Палладіна Т. О. Вплив сольового стресу і синтетичних регуляторів росту на активність каталази та пероксидази у проростках кукурудзи. *Укр. біохім. журн.* 2005. Т. 77. № 6. С. 86–93.
44. Кур'ята В. Г., Кравець О. О. Регуляція морфогенезу, перерозподілу асимілятів, азотовмісних сполук та продуктивності томатів за дії гібереліну й ретарданту фолікуру. *Физиология растений и генетика.* 2018. Т. 50. № 2. С. 95–104.
45. Куценко Н. І. Перспективи селекційних досліджень лікарських та ефіроолійних рослин в Україні. *Агроекологічний журнал.* 2016. № 2. С. 85–92.
46. Ладыгин В. Г., Гордеева С. В. Состав и спектральные свойства пигмент-белковых комплексов фотосистем I и II в клетках мутанта С-41 *Chlamydomonas reinhardtii*, не содержащего  $\alpha$ -каротиноидов. *Вестн. Башкир. ун-та.* 2001. № 2. С. 53–56.
47. Литвинова Е. В. Гепатопротекторы растительного происхождения в лечении заболеваний печени. *Фитотерапия : часопис.* 2007. № 3. С. 75–80.
48. Лихочвор В. В., Борисюк В. С., Дубковецький С. В., Онищук Д. М. Лікарські рослини. Значення, ботанічні і біологічні особливості, технологія вирощування, заготівля. Львів : НВФ «Українські технології», 2003. С. 208–211.
49. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник / за ред. А. М. Гродзінського. Київ : Голов. ред. УРЕ, 1990. С. 291–292; 383–384.
50. Лупак О. М., Антоняк Г. Л. Біологічно активні речовини суцвіть нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.), культивованих в умовах Передкарпаття. *The development of nature sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27–28, 2018.* Brno : Baltija Publishing. P. 11–14.
51. Лупак О., Клепач Г., Антоняк Г. Біологічно-активні властивості природної та культурної форм *Matricaria recutita* L. Promoting healthy lifestyle: realities and prospects : monographic series. ; under the editorship of Prof. N. V. Skotna. Drohobych : Publication Department at Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, 2016. Volume 1. P. 59–65.



52. Львов М. О. Лубенська досвідна станція для культури лікарських рослин. Відбитка з бюлетеню УКОПС «Продукційні сили України». Київ, 1929. № 2. 16 с.

53. Майор П. С., Захарова В. П., Великожон Л. Г. Активність деяких антиоксидантних ферментів у рослинах озимої пшениці за природних умов загартування. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2011. Т. 43. № 6. С. 507-512.

54. Макогоненко С. Ю., Баранов В. І., Терек О. І. Вплив Регопланту і Стимпо на активність ферментів антиоксидантного захисту в проростках *Helianthus annuus* L. і *Brassica napus* L. за росту на субстратах породного відвалу вугільних шахт. *Biol. Stud.* 2018. Вип. 12(1). С. 47–54.

55. Малюгіна О. О., Мазулін О. В., Мазулін Г. В., Смойловська Г. П., Логвін П. А. Визначення вмісту каротиноїдів у суцвіттях чорнобривців розлогих. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2013. Вип. 3. № 13. С. 89–91.

56. Маменко Т. П., Ярошенко О. А., Михалків Л. М. Фізіологічна роли антиоксидантних процесів у забезпеченні посухостійкості озимої пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46. № 1. С. 65–73.

57. Мароунок М., Шкрживан М., Енглмаєрова М., Калачнюк М., Калачнюк Л. Вплив природних і синтетичних каротиноїдів на деякі характеристики жовтка: колір і окисну стабільність ліпідів. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2015. Том 17. № 1 (61). Частина 2. С. 107–111.

58. Мельник Г. М., Ярних Т. Г., Рухмакова О. А. *Фітотерапія* : часопис. 2020. № 2. С. 60–64.

59. Мельничук Р. В. Вихідний матеріал для селекції нагідок (*Calendula* L.) на придатність до механізового збирання суцвіть. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 3 (14). С. 73–75.

60. Мірзоева Т. В. Аналіз сучасного стану виробництва лікарських рослин в Україні. *Приазовський економічний вісник*. 2018. Вип. 6 (11). С. 62–67.

61. Мойсієнко В. В., Назарчук О. П. Залежність урожайності суцвіть ромашки лікарської від тривалості вегетаційного періоду культури. *Науковий горизонт*. 2020. № 1 (86). С. 7–13. URL: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2020-86-01-7-13>.
62. Мойсієнко В. В., Назарчук О. П. Урожайності ромашки лікарської залежно від строків сівби та удобрення в умовах зміни клімату. *Науковий горизонт*. 2019. № 2 (75). С. 3–12. URL: <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-75-2-3-12>.
63. Моргун В. В., Дубровна О. В., Моргун Б. В. Сучасні біотехнології отримання стійких до стресів рослин пшениці. *Физиология растений и генетика*. 2016. Вып. 48. № 3. С. 196–214.
64. Мусієнко М. М., Бацманова Л. М., Войцехівська О. В. Глобальні зміни клімату та концептуальні основи сталого розвитку агроєкосистем. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 21–30.
65. Нагідок квітки. *Державна Фармакопея України*. Харків : Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 3. С. 400–401.
66. Орлова Л. Д. Аналіз вмісту хлорофілів у лучних рослин Лівобережного Лісостепу України. *Промышленная ботаника*. 2010. Вып. 10. С. 187–192.
67. Пацула О., Кобилецька М., Терек О., Балажі Ж., Товт М. Оксидативні реакції рослин прируслової ділянки ріки Тиса. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2008. Вип. 48. С. 201–204.
68. Платонова А. А., Костишин С. С. Вміст МДА та активність антиоксидантних ферментів у проростків гороху за дії іонів кадмію. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2000. Т. 2. № 2. С. 146–150.
69. Поляков Н. Э., Лешина Т. В. Некоторые аспекты реакционной способности каротиноидов. Окислительно-восстановительные процессы и комплексообразование. *Успехи химии*. 2006. Вып. 75. № 12. С. 1175–1192.
70. Пономаренко С. П. Регуляторы роста растений. Київ : СП Інтертехнодрук, 2003. 319 с.

71. Пономаренко С. П. Українські регулятори росту рослин. *Елементи регуляції в рослинництві* / під ред. В. П. Кухаря. Київ : ВВП «Компас», 1998. С. 10–17.
72. Пономаренко С. П., Циганкова В. А., Блюм Я. Б., Галкін А. П. Новий напрямок у рослинництві – застосування природних полі компонентних регуляторів росту рослин з біозахисним ефектом. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9. № 5. С. 69–77.
73. Попова Н. В., Литвиненко В. И., Куцанян А. С. Лекарственные растения мировой флоры: энциклопед. справочник. Харків : Діса плюс, 2016. С. 186–187; 365–367.
74. Попович В. П., Громовик Б. П., Сятиня В. А. Гепатопротекторний потенціал рослин : монографія. Київ : Інтерсервіс, 2012. 188 с.
75. Прядкіна Г. О., Маслюківська О. В., Стасик О. О., Оксьом В. П. Зв'язок вмісту хлорофілу в листках і хлорофільного. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 167–174.
76. Рекомендації по застосуванню регуляторів росту рослин в сільськогосподарському виробництві. Київ : Високий врожай, 2006. 24 с.
77. Рогач В. В., Рогач Т. І. Вплив синтетичних стимуляторів росту на морфологічні характеристики та біологічну продуктивність культур картоплі. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.* 2015. Vol. 23. Iss. 2. P. 221–224. URL: <https://doi.org/10.15421/011532>.
78. Рожков А. О., Пузік В. К. Динаміка формування пігментних речовин у листках рослин пшениці твердої ярої за дії різних варіантів ценотичної напруги між рослинами в посівах. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 7–12.
79. Ромашки квітки. *Державна Фармакопея України*. Харків : Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 3. С. 445–449.
80. Росіцька Н. В. Фізіолого-біохімічні аспекти формування стійкості *Pinus sylvestris* L. до дії посухи. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Серія Біол.* 2011. Вип. 47. № 2. С. 212–215.

81. Россихіна Г. С., Більчук В. С., Легостаєва Т. В., Шмагайло Ю. О. Дослідження стану прооксидантно-антиоксидантної системи кукурудзи за дії гербіцидного забруднення. *Питання біоіндикації та екології*. Запоріжжя : ЗНУ, 2013. Вип. 18. № 1. С. 83–92.
82. Салєба Л. В., Сарібекова Д. Г., Куник О. М., Сарібеков Г. С., Микитенко К. Є. Дослідження процесу екстрагування каротиноїдів. *Вісник ХНТУ*. 2016. № 2 (57). С. 178–182.
83. Сампиев А. М., Хочава М. Р. Календула лекарственная. Краснодар : Советская Кубань, 2010. 144 с.
84. Сафонов М. М. Повний атлас лікарських рослин. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2010. С. 155–156; 210–212.
85. Сахно Л. О. Активність супероксиддисмутази в онтогенезі рослин у нормі і за дії абіотичних стресів. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія*. 2017. Вип. 1 (40). С. 21–34.
86. Сендецький В. М. Вплив комплексних регуляторів росту на врожайність соняшнику в умовах Лісостепу Західного. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 4. С. 100–108.
87. Сиваш О. О., Михайленко Н. Ф., Золотарьова О. К. Варіація співвідношення вмісту хлорофілів *a* і *b* при адаптації рослин до зовнішніх чинників. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія*. 2018. Вип. 3 (45). С. 49–75.
88. Сівко Г. І., Швець І. О. Дослідження вмісту біологічно активних речовин та седативні властивості *Calendula officinalis*. *Молодий вчений*. 2017. Вип. 3. № 43. С. 22–25.
89. Сімахіна Г. О. Функціональна роль каротиноїдів та особливості їх використання у харчових технологіях. *Наукові праці НУХТ*. 2010. № 33. С. 45–48.
90. Сімонова М. І., Борецька Н. І., Камінська М. В. та ін. Дія β-каротину та каротинсинтезуючих дріжджів *Phaffia rhodozyma* на оксидативний стрес у щурів інтоксикованих тетрахлоретаном. *Укр. біохім. журн*. 2010. Т. 82. № 3. С. 6–13.

91. Сімонова М. Каротиноїди: будова, властивості та біологічна дія. *Біологічні студії*. 2010. Т. 4. № 2. С. 159–170.
92. Січкач С. В., Коробкова К. С. Активність окиснювальних ферментів рослинних клітин за умов експериментального мікоплазмозу. *Мікробіол. журн.* 2011. Т. 73. № 2. С. 38–43.
93. Скварко К., Бучко Н., Скрипа І. Вміст фотосинтетичних пігментів і суми цукрів у листях шавлії мускатної та нагідок лікарських за умов лазерної стимуляції росту рослин. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2003. Вип. 33. С. 185–191.
94. Смойловська Г. П., Гречана О. В., Фуклева Л. А. Фітохімічне вивчення кислоти аскорбінової у рослинній сировині. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. 2010. Вип. 23. № 4. С. 58–59.
95. Соколова Л. В. Визначення кількісного вмісту кислоти аскорбінової в сублімованих порошках рослин. *Український медичний альманах*. 2010. № 13 (6). С. 133–136.
96. Стороженко В. О. Ключові антиоксидантні ферменти фотосинтетичного апарату вищих рослин за дії стресових чинників. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2004. Т. 36. №1. С. 36–42.
97. Сторожик Л. І. Вміст хлоропластів у листках рослин сорго цукрового та їх роль в процесі фотосинтезу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. праць. Ін-т біоенергет. культур і цукр. Буряків ; Нац. акад. аграр. наук України. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2013. Вип. 19. С. 114–118. URL: <http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/114.pdf>.
98. Сухар С. В. Вплив технологічних факторів на формування продуктивності рослин нагідок лікарських в умовах Західного Лісостепу. *Агробіологія*. 2014. № 1 (109). С. 92–96.
99. Сухар С. В., Хоміна В. Я. Удосконалення елементів технології вирощування нагідок лікарських в умовах Лісостепу західного : монографія. Ніжин : ПП «Лисенко», 2015. 144 с.

100. Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М., Мусієнко М. М. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів довкілля. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2004. Т. 36. №1. С. 3–12.

101. Тарновський М. Г., Янковський Я. Ю. Оптичні методи аналізу фізіологічного стану рослин для задач сільського господарства та екологічного моніторингу. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. Т. 23. Вип. 1. С. 127–130. URL: <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/259/258>.

102. Терек О. І. механізми адаптації рослин до нафтового забруднення. *Біологічні студії*. 2018. Т. 12. № 3–4. С. 141–164. URL: <https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579>.

103. Терек О., Величко О., Яворська Н. Механізм адаптації проростків сої до стресових умов за дії регуляторів росту емістиму С та агростимуліну. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2006. Вип. 41. С. 132–136.

104. Тернинко І. І., Кисличенко В. С. Фітохімічне вивчення ліпофільних фракцій з трави *Calendula officinalis* (L.) та *Chamomilla recutita* (L.). *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки і практики*. 2011. Вип. 14. № 3. С. 82–85.

105. Тютяєв Е. В., Шутова В. В., Максимов Г. В., Раденович Ч. Н., Гродзинский Д. М. Состояние фотосинтетических пигментов в листьях инбредных линий и гибридов кукурузы. *Физиология растений и генетика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 147–159.

106. Фокін А. Біологічний захист лікарських культур. *Фермерське господарство*. 2012. № 41. С. 20–21.

107. Хоміна В. Я., Солоненко С. В. Урожайність сафлору красильного залежно від технологічних заходів та біологічних синників в умовах Лісостепу західного. *Таврійський науковий вісник*. 2017. Вип. 97. С. 136–143.

108. Хоміна В. Я., Циганкова В. А., Пономаренко С. П., Григорюк І. П. Вплив регуляторів росту «Біолан» та «Івін» на продуктивність лікарських рослин. *Біоресурси і природокористування*. 2013. Т. 5. № 3–4. С. 16–21.

109. Чекман І. С. Флавоноїди – клініко-фармакологічний аспект. *Фітотерапія в Україні*. 2000. № 2. С. 3–5.
110. Четверня С. О., Джуренко Н. І., Паламарчук О. П., Грахов В. П. Продуктивність ромашки лікарської *Matricaria recutita* L. в залежності від технології вирощування та забур'яненості посівів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2012. Вип. 33. С. 81–85.
111. Чупахина Г. Н. Система аскорбинової кислоти растений: монографія. Калининград : Калинингр. гос. ун-т, 1997. 120 с.
112. Шевчук О. А., Кравчук Г. І., Вергеліс В. І. Якісні характеристики насіння бобів кормових залежно від передпосівної обробки регуляторами росту рослин. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. № 10. С. 66–73.
113. Шевчук О. А., Кравчук Г. І., Вергеліс В. І., Врадій О. І. Вплив стимулюючих препаратів на морфометричні показники проростків та посівні якості насіння квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 12. С. 225–233. URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/20318.pdf>.
114. Шелудько Л. П., Куценко Н. І. Лікарські рослини (селекція і насінництво) : монографія. Полтава, 2013. С. 183–189; 219–223.
115. Шорин Н. В., Крикливая А. Н., Верховых А. Ю. Продуктивность лекарственного сырья и семян календулы лекарственной сорта Компактная в условиях лесостепной зоны Омской области. *Молодой ученый*. 2015. № 9. С. 786-791.
116. Шпек М. П., Коссак Г. М., Гойванович Н. К., Лупак О. М. Вплив біологічних препаратів на морфометричні показники та урожайність ромашки лікарської (*Matricaria recutita*) в умовах Передкарпаття. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018. Т. 28, № 1. С. 38–41. URL: <https://doi.org/10.15421/40280107>.
117. Яковлева-Носарь С. О. Вплив посухи та засолення на характеристики проростання насіння й інтенсивність росту проростків *Calendula officinalis* L. *Актуальні питання біології, екології та хімії*. 2018. Т. 15. № 1. С. 27–39.

118. Abdel-Fatth G., Watzl B., Huang D. et al. Carotene in vitro stimulates tumour necrosis factor alpha and interleukin I alpha secretion by human peripheral blood. *Pergamon Press*. 1993. Vol. 13. Iss. 8. P. 863–871.

119. Akihisa T., Yasukawa K., Oinuma H. et al. Triterpene alcohols from the flowers of Compositae and their anti-inflammatory effects. *Phytochemistry*. 1996. Vol. 43. P. 1255–1260. URL: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00343-3).

120. Aksoy L., Sözbilir N. B. Effects of *Matricaria chamomilla* L. on lipid peroxidation, antioxidant enzyme systems, and key liver enzymes in CCl<sub>4</sub>-treated rats. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2012. Vol. 94. Iss. 9. P. 1780–1788. URL: <https://doi.org/10.1080/02772248.2012.729837>.

121. Alnuqaydan A. M., Lenehan C. E., Hughes R. R., Sanderson B. J. (2015) Extracts from *Calendula officinalis* offer in vitro protection against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> induced oxidative stress cell killing of human skin cells. *Phytother Res*. 2015. Vol. 29. P. 120-123.

122. Arora A., Nair M., Strasburg G. M., Structure-activity relationships for antioxidant activities of a series of flavonoids in a liposomal system. *Free Radic Biol Med*. 1998. Vol. 24. P. 1355–1363.

123. Ashwlayan V. D., Kumar A., Verma M. et al. Therapeutic potential of *Calendula officinalis*. *Pharm Pharmacol Int J*. 2018. Vol. 6. Iss. 2. P. 149–155. URL: <https://doi.org/10.15406/ppij.2018.06.0017>.

124. Atkinson N. J., Urwin P. E. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. *J Exper Botany*. 2012. Vol. 63. Iss. 10. P. 3523–3544. URL: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers100>.

125. Babae N., Moslemi D., Khalilpour M., Vejdani F. et al. Antioxidant capacity of *Calendula officinalis* flowers extract and prevention of radiation induced oropharyngeal mucositis in patients with head and neck cancers: a randomized controlled clinical study *DARUJ Pharm Sci*. 2013. Vol. 21. P. 18–25.

126. Babenko L. M., Smirnov O. E., Romanenko K. O., Trunova O. K., Kosakivska I. V. Phenolic compounds in plants: biogenesis and functions. *Ukr. Biochem. J*. 2019. Vol. 91. No. 3. P. 5–18. URL: <https://doi.org/10.15407/ubj91.03.005>.



127. Bako E., Deli J., Toth G. HPLC study on the carotenoid composition of *Calendula* products. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*. 2002. Vol. 53. Iss. 1–3. P. 241–250. URL: [https://doi.org/10.1016/S0165-022X\(02\)00112-4](https://doi.org/10.1016/S0165-022X(02)00112-4).
128. Barbour E. K., Sagherian V., Talhouk S., Talhouk R., Farran M. T., Sleiman F. T., Harakeh S. Evaluation of homeopathy in broiler chickens exposed to live viral vaccines and administered *Calendula officinalis* extract. *Med Sci Monit*. 2004. Vol. 10. Iss. 8. P. 281–285.
129. Bigagli E., Cinci L., D’Ambrosio M., Luceri C. Pharmacological activities of an eye drop containing *Matricaria chamomilla* and *Euphrasia officinalis* extracts in UVB-induced oxidative stress and inflammation of human corneal cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2017. Vol. 173. P. 618–625. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.06.031>.
130. Brenna O. V., Pagliarini E. Multivariate analysis of antioxidant power and polyphenolic composition in red wines. *J. Agric. Food. Chem.* 2001. Vol. 49. Iss. 10. P. 4841–4844. URL: <https://doi.org/10.1021/jf0104376>.
131. Bueno P., Varela J., Gimenez-Gallego G., del Rio L. A. Peroxisomal copper, zinc superoxide dismutase. Characterization of the isoenzyme from watermelon cotyledons. *Plant Physiol*. 1995. Vol. 108. P. 1151–1160.
132. Bunnea A. Lutein esters from *Tagetes erecta* L.: Isolation and enzymatic hydrolysis. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*. 2008. Vol. 65. Iss. 1–2. P. 410–414.
133. Cancado G. M. A. The importance of genetic diversity to manage abiotic stress. *Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations*. Arun Shanker and B. Venkateswarlu, InTechOpen, 2011. P. 351–366. URL: <https://doi.org/10.5772/22397>.
134. Cao G., Sofic E., Prior R. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free Radic Biol Med*. 1997. Vol. 22. P. 749–760.
135. Chandra P., Kishore K., Ghosh A. K. Evaluation of antacid capacity and antiulcer activity of *Calendula officinalis* L. in experimental rats. *Orient Pharm Exp Med*. 2015. Vol. 15. P. 277–285.

136. Chaturvedi N., Laloraya M. Rapid isolation of plant peroxidase. Purification of peroxidase a from petunia. *Physiol. plant.* 1984. Vol. 60. Iss. 3. P. 315–320.
137. Chun O. K., Kim D. O., Lee C. Y. Superoxide radical scavenging activity of the major polyphenols in fresh plums. *Agric. Food. Chem.* 2003. Vol. 31. P. 8067–8072.
138. Conklin P. I. Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. *Plant Cell Environ.* 2001. Vol. 24. P. 383–94.
139. Cordova C. A. S., Siqueira I. R., Netto C. A., Yunes R. A., Volpato A. M., Filho V. C., Curi-Pedrosa R., Creczynski-Pasa T. B. Protective properties of butanolic extract of the *Calendula officinalis* L.(marigold) against lipid peroxidation of rat liver microsomes and action as free radical scavenger. *Redox Report.* 2002. Vol. 7. No. 2. P. 95–102. URL: <https://doi.org/10.1179/135100002125000325>.
140. Della Loggia R., Tubaro A., Sosa S., Becker H., Saar St., Isaac O. The role of triterpenoids in the topical anti-inflammatory activity of *Calendula officinalis* flowers. *Planta Med.* 1994. Vol. 60. P. 516–520. URL: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2006-959562>.
141. Deuschle V. C. K. N., Deuschle R. A. N., Piana M., Boligon A. A. et al. Phytochemical evaluation and *in vitro* antioxidant and photo-protective capacity of *Calendula officinalis* L. leaves. *Rev. Bras. Pl. Med., Campinas.* 2015. Vol.17. No.4. P. 693–701. URL: [http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14\\_055](http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14_055).
142. El-Enany M. A., Mahfouze S. A., El-Dessouky S. E. Gene expression of heat stress on protein and antioxidant enzyme activities of two *Lupinus* species. *J Appl. Sci. Res.* 2013. Vol. 9. Iss. 1. P. 240–247.
143. Flos Calendulae. *WHO monographs on selected medicinal plants.* Geneva, 2004. Vol. 2. P. 35–44.
144. Flos Chamomillae. *WHO monographs on selected medicinal plants.* Geneva, 1999. Vol. 1. P. 86–94.
145. Fridovich I. Superoxide dismutases. An adaptation to a paramagnetic gas. *J. Biol. Chem.* 1989. Vol. 264. P. 7761–7764.
146. Gazim Z. C., Rezende C.M., Fraga S. R., Svidzinski T.I. E. Antifungal activity of the essential oil from *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) growing in Brazil

*Braz J Microbiol.* 2008. Vol. 39. P. 61–63. URL: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822008000100015>.

147. Goodwin T. W. Studies in carotenogenesis: the carotenoid composition of *Calendula* products. *J. of Biochem Biophys Methods.* 2002. Vol. 53. P. 241–250.

148. Granado F., Olmedilla B., Blanco I. Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition.* 2003. Vol. 90. Iss. 3. P. 487–502. URL: <https://doi.org/10.1079/bjn2003927>.

149. Guzelmeric E., Ristivojevic P., Vovk I., Milojkovic-Opsenica D., Yesilada E. Quality assessment of marketed chamomile tea products by a validated HPTLC method combined with multivariate analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.* 2017. Vol. 132. P. 35–45. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2016.09.030>.

150. Gupta S. A., Webb R. P., Holaday A. S., allen R. D. Over-expression of sueroxide dismutase protects plants from oxidative stress (Induction of ascorbate peroxidase in superoxide dismutase-overexpressing plants. *Plant Physiol.* 1993. Vol. 103. P. 1067–1073.

151. Gupta V., Mittal P., Bansal P. et al. Pharmacological potential of *Matricaria recutita* – a review. *Int J Pharm Sci Drug Res.* 2010. Vol. 2. P. 12–6.

152. Haenen G. R. M. M., Jansen F. P., Bast A. The antioxidant properties of five O-(b-hydroxyethyl)-rutosides of the flavonoid mixture venoruton. *Phlebologie.* 1993. Vol. 1. P. 10–17.

153. Hadi M. R. H. S., Fallah M. A., Darzi M. T. Influence of nitrogen fertilizer and vermicompost application on flower yield and eddential oil of chamomile (*Matricaria chamomile* L.). *Journal of Chemical Health Risks.* 2015. Vol. 5. Iss. 3. P. 235–244. URL: [10.22034/JCHR.2015.544111](https://doi.org/10.22034/JCHR.2015.544111).

154. Hamad M. N. Detection and isolation of flavonoids from *Calendula officinalis* (F. Asteraceae) cultivated in Iraq. *Iraqi J Pharm Sci.* 2016. Vol. 25. Iss. 2. P. 1–6. URL: <https://www.iasj.net/iasj/download/f1d85c91c8de84a8>.

155. Heuskin S., Godin B., Leroy P., Capella Q., Wathelet J.-P., Verheggen F., Haubruge E., Lognay G., 2009. Fast gas chromatography characterisation of purified

semi-chemicals from essential oils of *Matricaria chamomilla* L.(Asteraceae) and *Nepeta cataria* L.(Lamiaceae). *J. Chromatogr.* 2009. Vol. 1216. Iss. 14. P. 2768–2775. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.09.109>.

156. Horemans N., Foyer C. H., Potters G. Ascorbate function and associated transport systems in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 2000. Vol. 38. Iss. 7–8. P. 531–540. URL: [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00782-8](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00782-8).

157. Hou D. X., Kumamoto T. Flavonoids as protein kinase inhibitors for cancer chemoprevention: direct binding and molecular modeling. *Antioxid Redox Signal.* 2010. Vol. 13. Iss. 5. P. 691–719. URL: <https://doi.org/10.1089/ars.2009.2816>.

158. Iliaia C., Johnson M. P., Duffy C. D. P. et al. Origin of absorption changes associated with photoprotective energy dissipation in the absence of zeaxanthin. *J Biol. Chem.* 2011. Vol. 286. Iss. 1. P. 91–98. URL: <https://doi.org/10.1074/jbc.M110.184887>.

159. Imai T., Kingston-Smith A.H., Foyer C. H. Inhibition of endogenous ascorbate synthesis in potato leaves supplied with exogenous ascorbate. *Free Rad Res.* 1999. Vol. 31. P. 171–179.

160. Jackson C., Dench J., Moore A. L., Halliwell B. Subcellular localization and identification of superoxide dismutase in the leaves of higher plants. *Europ. J. Biochem.* 1978. Vol. 91. P. 339–344.

161. Jahns P., Latowski D., Strazalka K. Mechanism and regulation of the violaxanthin cycle: The role of antenna proteins and membrane lipids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics.* 2009. Vol. 1787. Iss. 1. P. 13–14. URL: <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2008.09.013>.

162. Jan N., Andrabi K. I., John R. *Calendula officinalis* – an important medicinal plant with potential biological properties. *Proc Indian Natn Sci Acad.* 2017. Vol. 83. No. 4. P. 769–787. URL: <https://doi.org/10.16943/ptinsa/2017/49126>.

163. Juonouchi H., Hill R. J., Tomita Y. et al. Studies of immunomodulating actions of carotenoids. I Effects of  $\beta$ -carotene and astaxanthin on murine lymphocyte functions and cell surface marker expression in *in vitro* culture system. *Nutr. Cancer.* 1991. Vol. 16. Iss. 2. P. 93–105. URL: <https://doi.org/10.1080/01635589109514148>.

164. Juonouchi H., Zhang L., Gross M. et al. Immunomodulating actions of carotenoids: Enhancement of *in vivo* and *in vitro* antibody production to Tdependent antigens. *Nutr. Cancer.* 1994. Vol. 21. Iss. 1. P. 47–58. URL: <https://doi.org/10.1080/01635589409514303>.

165. Kato A., Minoshima Y., Yamamoto J. et al. Protective effects of dietary chamomile tea on diabetic complications. *J. Agric. Food Chem.* 2008. Vol. 56. Iss. 17. P. 8206–8211. URL: <https://doi.org/10.1021/jf8014365>.

166. Khalid K. A., Teixeira da Silva J. A. Biology of *Calendula officinalis* Linn.: Focus on pharmacology, biological activities and agronomic practices. *Med Aromat Plant Sci Biotechnol.* 2012. Vol. 6. P. 21–27.

167. Khlestkina E. K. The adaptive role of flavonoids: emphasis on cereals. *Cereal Research Communications.* 2013. Vol. 41. No. 2. P. 185–198. URL: <https://www.jstor.org/stable/23792233>.

168. Kishimoto S., Maoka T., Sumitomo K., Ohmiya A. Analysis of carotenoid composition in petals of *Calendula officinalis* L.). *Biosci Biotechnol Biochem.* 2005. Vol. 69. Iss. 11. P. 2122–2128. URL: <https://doi.org/10.1271/bbb.69.2122>.

169. Kisić I., Kovač M., Ivanec J. et al. Effects of organic fertilization on soil properties and chamomile flower yield. *Org. Agr.* 2019. Vol. 9. P. 345–355. URL: <https://doi.org/10.1007/s13165-018-0231-0>.

170. Kolupaev Yu. E., Horielova E. I., Yastreb T. O., Popov Yu. V., Ryabchun N. I. Phenylalanine ammonia-lyase activity and content of flavonoid compounds in wheat seedlings at the action of hypothermia and hydrogen sulfide donor. *Ukr. Biochem. J.* 2018. Vol. 90. No. 6. P. 12–20. URL: <https://doi.org/10.15407/ubj90.06.012>.

171. Kurkin V. A., Sharova O. V. Flavonoids from *Calendula officinalis* flowers. *Chem Nat Prod.* 2007. Vol. 43. P. 216–217.

172. Kwang-Hyun B., Skinner D. Z. Production of reactive oxygen species by freezing stress and the protective roles of antioxidant enzymes in plants. *J Agr. Chem. Environ.* 2012. Vol. 1. P. 34–40.

173. Lean M. E. J., Noroozi M., Kelly I. et al. Dietary flavonols protect diabetic human lymphocytes against oxidative damage to DNA. *Diabetes*. 1999. Vol. 48. P. 176-181.

174. Lee J., Jiang S., Levine N. et al. Carotenoid supplementation reduces erythema in human skin after simulated solar radiation exposure. *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.* 2000. Vol. 223. Iss. 2. P. 170–174. URL: <http://doi.org/10.1046/j.1525-1373.2000.22323.x>.

175. Lungu L., Popa C.-V., Marinescu M., Tecuceanu V., DANET A. F., Bercu V. Antioxidant capacity of some *Calendula* extracts by EPR spectroscopy. *Romanian Reports in Physics*. 2019. Vol. 71. No. 706. P. 1–15. URL: <http://docplayer.net/153578673-Antioxidant-capacity-of-some-calendula-extracts-by-epr-spectroscopy.html>.

176. Lupak O., Klepach H., Antonyak H. Marigold (*Calendula officinalis* L.) and its components as a source of biologically active substances. Ecology and human health. Edited by Andrzej Krynski, Georges Kamto Tebug, Svitlana Voloshanska. Czestochowa: Educator, 2018. P. 65–76.

177. Mahajan S., Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Arch Biochem Biophys*. 2005. Vol. 444. P. 139–158. URL: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.10.018>.

178. Martins L. L., Mourato M. P., Cardoso A. I., Pinto A. P. et al. Oxidative stress induced by cadmium in *Nicotiana tabacum* L.: effects on growth parameters, oxidative damage and antioxidant responses in different plant parts. *Acta Phisiol. Plant*. 2011. Vol. 33. P. 1375–1383.

179. Matysik G., Wojciak-Kosior M., Paduch R. The influence of *Calendula officinalis* flos extract on cell cultures and the chromatographic analysis of extracts. *J Pharm Biomed Anal*. 2005. Vol. 38. No. 2. P. 285–292.

180. McDevitt T. M., Tchao R., Harrison E. H. et al. Carotenoids normally present in serum inhibit proliferation and induce differentiation of a human monocyte/macrophage cell line (U937). *J. Nutr*. 2005. Vol. 135. Iss. 2. P. 160–164. URL: <https://doi.org/10.1093/jn/135.2.160>.

181. McKay D. L., Blumberg J. B. A review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.). *Phytother. Res.* 2006. Vol. 20. Iss. 7. P. 519–530. URL: <https://doi.org/10.1002/ptr.1900>.

182. Miguel F. G., Cavaleiro A. H., Spinola N. F., Ribeiro D. L., Barcelos G. R., Antunes L. M. et al. Validation of a RP- HPLC-DAD Method for Chamomile (*Matricaria recutita*) Preparations and Assessment of the Marker, Apigenin-7-glucoside, Safety and Anti-Inflammatory Effect. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2015. Vol. 9. URL: <https://doi.org/10.1155/2015/828437>.

183. Miraj S., Alesaeidi S. A systematic review study of therapeutic effects of *Matricaria recutita chamomile* (chamomile). *Electronic Physician.* 2016. Vol. 8. Iss. 9. P. 3024–3031. URL: <https://doi.org/10.19082/3024>.

184. Mishra M., Das R., Pandey G. K. Role of ethylene responsive factors in abiotic stress mediated signaling in plants. *J Biol. Sci.* 2009. Vol. 1. Iss. 1. P. 133–146.

185. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 2002. Vol. 7. P. 405–410.

186. Mohammad Sh., Kashani H. H. Pot marigold (*Calendula officinalis*) medicinal usage and cultivation. *Scientific Research and Essays. Academic Journals.* 2012. Vol. 7. Iss. 14. P. 1468–1472. URL: <https://doi.org/10.5897/SRE11.630>.

187. Munir N., Iqbal A. S., Alfat I., Bashir R., Sharif N., Saleem F., Naz S. Evaluation of antioxidant and antimicrobial potential of two endangered plant species *Atropa belladonna* and *Matricaria chamomilla*. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines.* 2014. Vol. 11. No. 5. P. 111–117. URL: <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v11i5.18>.

188. Myouga F., Hosoda C., Umezawa T., Iizumi H. et al. A heptacomplex of iron superoxide dismutases defends chloroplast nucleoids against oxidative stress and is essential for chloroplast development in *Arabidopsis*. *Plant Cell.* 2008. Vol. 20. P. 3148–3162.

189. Nasrabadi H. Some biochemical properties of catalase from Kohlrabi. *J. Biol. Sci.* 2008. Vol. 8. Iss. 3. P. 649–653.

190. Nikseresht M., Kamali A. M., Rahimi H. R., Delaviz H., Toori M. A., Kashani I.R. et al. The hydroalcoholic extract of *Matricaria chamomilla* suppresses migration and invasion of human breast cancer MDA-MB-468 and MCF-7 cell lines. *Phcog Res.* 2017. Vol. 9. 87–95. URL: <https://doi.org/10.4103/0974-8490.199778>.

191. Noctor G., Foyer C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 1998. Vol. 49. 249–279.

192. Obermuller-Jevic U. C., Francz P. I., Frank J., Flaccus A., Biesalski H. K. Enhancement of the UVA induction of haem oxygenase-1 expression by beta-carotene in human skin fibroblast. *FEBS Lett.* 1999. Vol. 460. Iss. 2. P. 212–216. URL: [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(99\)01342-3](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(99)01342-3).

193. Orgen W. L. Photorespiration: Pathways, regulation and modification. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1984. Vol. 35. P. 415–442.

194. Palacios A., Barberon J., Leaden P., Zeinsteger P. *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) possess antioxidant properties on Fe<sup>2+</sup>-initiated peroxidation of rat brain microsomes. *ADMET & DMPK.* 2016. Vol. 4. No. 2. P. 91–97. URL: <https://doi.org/10.5599/admet.4.2.251>.

195. Pandey A. K., Pathak S., Barman P., Dwivedi Sh. K. Influence of nutrients and plant growth regulators on growth, flowering and yield characteristics of strawberry cv. Chandler. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 2020. Vol. 9. Iss. 11. P. 143–151. URL: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.911.017>.

196. Pinteá A., Bele C., Andrei S., Socaciu C. HPLC analysis of carotenoids in four varieties of *Calendula officinalis* L. flowers. *Acta Biologica Szegediensis.* 2003. Vol. 47, Iss. 1–4. P. 37–40. URL: <https://www2.sci.u-szeged.hu/ABS/2003/ActaHP/4737.pdf>.

197. Preethi K.C., Kuttan G., Kuttan R. Antioxidant potential of an extract of *Calendula officinalis*. Flowers *in vitro*. and *in vivo*. *Pharmaceutical Biology.* 2006. Vol. 44. No. 9. P. 691–697. doi: 10.1080/13880200601009149.



198. Racchi M. L., Bagnoli F., Balla I., Danti S. Differential activity of catalase and superoxide dismutase in seedling and in vitro micropropagated oak (*Quercus robur* L.). *Plant Cell Rep.* 2001. Vol. 20. P. 169–174.
199. Ranjbar A., Mohsenzadeh F., Chehregani A., Khajavi F., Zijoud S. H., Ghasemi H. Ameliorative effect of *Matricaria chamomilla* L. on paraquat: Induced oxidative damage in lung rats. *Phcog. Res.* 2014. Vol. 6. Iss. 3. P. 199–203. URL: <https://doi.org/10.4103/0974-8490.132595>.
200. Robak J., Gryglewski R. J. Flavonoids are scavengers of superoxide radical. *Biochem Pharmacol.* 1988. Vol. 5. P. 837–841.
201. Roopashree T. S., Dang R., Rani R. H., Narendra C. Antibacterial activity of antipsoriatic herbs; *Cassia tora*, *Momordica charantia* and *Calendula officinalis*. *Int J Appl Res Nat Prod.* 2008. Vol. 1. P. 20–28.
202. Sabir S. M., Khan M. F., Rocha J. B. T., Boligon A. A., Athayde M. L. Phenolic profile, antioxidant activities and genotoxic evaluations of *Calendula officinalis* *J Food Biochem.* 2015. Vol. 39. P. 316–324.
203. Sagisaka S. The occurrence of peroxide in a perennial plant, *Populus gelric*. *Plant Physiol.* 1976. Vol. 57. Iss. 2. P. 308–309.
204. Sajilata M. G., Singhal R. S., Kamat M. Y. The carotenoid pigment zeaxanthin. *A Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Institute of Food Technologists.* 2008. Vol. 7. Iss. 1. P. 29–49.
205. Santos A. R. F. da C., Cruz J. H. de A., Guenes G. M. T., Oliveira Filho A. A., Alves M. A. S. G. *Matricaria chamomilla* L.: pharmacological properties. *Arch Health Invest.* 2019. Vol. 8. No. 12. P. 846–852. URL: <https://doi.org/10.21270/archi.v8i12.4654>.
206. Scandalios J. G., Guan L., Polidoros A. N. Catalases in plants: gene structure, properties, regulation, and expression. *Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses.* Gold Spring Harbor Laboratory Press, 1997. P. 343–406.

207. Shahrabaki S. M. A. K., Zoalhasani S., Kodory M. Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on seed and flower yield of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) in the Kerman *Adv Environ Biol* 2013. Vol. 7. P. 3925–3929.
208. Sharifi-Rad M., Nazaruk J., Polito L., Morais-Braga M. F. B. et al. *Matricaria* genus as a source of antimicrobial agents: From farm to pharmacy and food applications. *Microbiological Research*. 2018. Vol. 215. P. 76–88. URL: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.06.010>.
209. Sharifi-Tehrani M., Ghasemi N. *Matricaria* L. (Anthemideae, Asteraceae) in Iran: a chemotaxonomic study based on flavonoids. *Journal of Taxonomy and Biosystematics*. 2011. Vol. 3. Iss. 11. P. 25–34.
210. Silva Gomes V. Th., Silva Gomes R. N., Silva Gomes M., Joaquim W. M. et al. Effects of *Matricaria recutita* (L.) in the Treatment of Oral Mucositis. *Hindawi The Scientific World Journal*. 2018. URL: <https://doi.org/10.1155/2018/4392184>.
211. Singh O., Khanam Z., Mirsa N., Srivastava M. K. Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. *Pharmacognosy Reviews*. 2011. Vol. 5. Iss. 9. P. 82–95. URL: <https://doi.org/10.4103/0973-7847.79103>.
212. Singh S. K., Bhople A. A., Kullarkar P. P., Bhople N., Jumale A. Plant growth regulators and strawberry production. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2018. Vol. 7. Iss. 8. P. 2413–2419. URL: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.708.243>.
213. Soubra N., Yazbek M. M., Noun J., Talhouk R., Tanios S., Karam N. Evaluation of diversity and conservation status of *Matricaria chamomilla* (L.) and *Matricaria aurea* (Loefl.) Sch. Bip. in Lebanon. *J Biodivers Endanger Species*. 2018. Vol. 6. P. 206. URL: <https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000206>.
214. Szakiel A., Ruszkowski D., Janiszowska W. Saponins in *Calendula officinalis* L. – Structure, biosynthesis, transport and biological activity. *Phytochem Rev*. 2005. Vol. 4. P. 151–158. URL: <https://doi.org/10.1007/s11101-005-4053-9>.
215. Tirillini B., Pagiotti R., Menghini L., Pintore G. Essential oil composition of ligulate and tubular flowers and receptacle from wild *Chamomilla recutita* (L.) Rausch. grown in Italy. *J. Essent. Oil Res*. 2006. Vol. 18. P. 42–45.

216. Vauzour D., Rodriguez-Mateos A., Corona G., Oruna-Concha M. J., Spencer J. P. E. Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients*. 2010. Vol. 2. Iss. 11. P. 1106–1131.

217. Verma P. K., Raina R., Singh M., Wazir V. S., Kumar P. Attenuating potential of *Calendula officinalis* of biochemical and antioxidant parameters in hepatotoxic rats. *Indian J Physiol Pharmacol*. 2017. Vol. 61. Iss. 4. P. 398–410.

218. Vidal-Olliver E., Elias R., Faure F. et al. Flavonol glycosides from *Calendula officinalis* flowers. *Planta Med*. 1996. Vol. 55. P. 73.

219. Wang J. Y., Wen L. L., Huang Y. N. et al. Dual effects of antioxidants in neurodegeneration: direct neuroprotection against oxidative stress and indirect protection via suppression of glia-mediated inflammation. *Curr. Pharm. Des*. 2006. Vol. 12. Iss. 27. P. 3521–3533. URL: <https://doi.org/10.2174/138161206778343109>.

220. Wisniewska A., Widomska J., Subczynski W. K. Carotenoid–membrane interactions in liposomes: effect of dipolar, monopolar, and nonpolar carotenoids. *Acta biochim. polonica*. 2006. Vol. 53. Iss. 3. P. 475–484. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16964324/>.

221. Xinping C., Hongyu Y., Rongzhi C., Lili Z. et al. Isolation and characterization of triacontanol-regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): Possible role of triacontanol as a plant growth stimulator. *Plant Cell Physiol*. 2002. Vol. 43. Iss. 8. P. 869–876. URL: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcf100>.

222. Xu L. W., Chen J., Shi Y. P. Phytochemicals and their biological activities of plants in Tagetes L. Chinese Herbal Medicines. 2012. Vol. 4. Iss. 2. P. 103–117.

223. Yadav A. K., Mishra P. K., Jain P. K., Rao C. V., Tiwari S., Singh V. Investigation of *Calendula officinalis* whole plant as a gastroprotective and antioxidant in peptic ulcer. *British Journal of Medical and Health Research*. 2016. 3 (7). P. 67–76. URL: <https://www.researchgate.net/publication/306090600>.

224. Zaprometov M. N., Nikolaeva T. N. Chloroplasts isolated from kidney bean leaves are capable of phenolic compound biosynthesis. *Russ J Plant Physiol*. 2003. Vol. 50. Iss. 5. P. 623–626.

225. Zitterl-Eglseer K., Sosa S., Jurenitsch J. *et al.* Anti-oedematous activities of the main triterpendiol esters of marigold (*Calendula officinalis* L.). *J Ethnopharmacol.* 1997. Vol. 57. Iss. 2. P. 139–144. URL: [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(97\)00061-5](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(97)00061-5).

## Розділ 2

# МАТЕРІАЛИ Й МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН І ЯКОСТІ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

### 2.1. Об'єкти дослідження

1. Рослини *C. officinalis* сорту Польова красуня, який був виведений для вирощування в умовах Степової зони України у 2003 р. (автори: Н. В. Горбань, А. Т. Горбань) та за результатами Державного сортовипробування включений до «Переліку перспективних щодо поширення в Україні» [114]. Рослини *C. officinalis* сорту Польова красуня заввишки до 60 см, корінь у них стрижневий, розгалужений, стебла ребристі із короткими жорсткими волосками. Листки – чергові, завдовжки 3–14 см, мають малопомітні зубчики, нижні – черешкові обернено яйцевидні, верхні – сидячі, продовгуватої форми. Квітки зібрані в поодинокі кошики, діаметром 3,5–5 см, що розміщені на кінцях стебла та пагонів, характерна однорядна коротко опушена обгортка. Квітколоже – голе та плоске. Крайові квітки рожевого забарвлення, язичкові, що розташовані у 3–4 ряди, – маточкові, плодоносять, а серединні – трубчасті й безплідні. Плоди – жовтувато-бурого забарвлення зігнуті сім'янки, які відрізняються за формою і величиною: серповидно вигнуті, дугоподібно зігнуті, гачкоподібні. Вага 1000 сім'янок у середньому становить 10 г. До основних параметрів сорту належать: урожайність сировини – 12,6 ц/га, вміст екстрактивних речовин – 38 %, вміст флавоноїдів – 0,53 % (у перерахунку на гіперозид) [114]. В умовах Передкарпаття і Західного Лісостепу вивчається уперше.

2. Рослини *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу. Цей сорт *M. recutita* районований у 1999 р., занесений до реєстру сортів рослин України [236]. Рослини сорту Перлина Лісостепу прямостоячі, заввишки до 60 см. Квітки – дрібні. Ярус розміщення основної маси кошиків становить 10–12 см. Вага

суцвіття – 3,5–4,1 г. Вага 1000 насінин – 0,058 г. Сорт придатний для механізованого збирання. Рослини не вилягають, хворобами та шкідниками уражаються слабо, залежно від погодних умов. Вегетаційний період триває 90–93 доби. Урожайність суцвіть – 7,0 ц/га за один збір, насіння – 130 кг/га, вміст ефірної олії 0,70 %, хамазуленів в олії – 12,36 % [227]. В умовах Передкарпаття і Західного Лісостепу вивчається уперше.

Під час культивування рослин визначали їх морфометричні показники (висоту, кількість суцвіть на рослині, їх діаметр) та врожайність [230]. Заготівлю ЛРС проводили відповідно до вимог [49].

## 2.2. Характеристика препаратів

«Вермистим», «Вермимаг» і «Вермийодіс» – це комплексні гумінові біопрепарати виробництва ПП «Біоконверсія».

«Вермистим» – це комплекс біологічних речовин, який має цілу низку переваг, що сприяє більш ефективному використанню корисних речовин рослинами і захищає їх від хворіб. До складу «Вермистиму» входять всі компоненти вермикомпосту в розчиненому й активному стані, зокрема, гумати, фульво- та амінокислоти, вітаміни, нативні фітогормони, мікро-, макро- і мезоеlementи, зосібна нітроген, калій, фосфор, кальцій, бор, цинк, молібден, купрум, ферум, селен, літій, бром та спори ґрунтових організмів.

«Вермимаг» – рідке органічне добриво-біостимулятор, виготовлене на основі «Вермистиму» з додаванням мезоеlementів магнію (до 4 %) та сульфуру природного походження.

«Вермийодіс» – біостимулятор, виготовлений на основі «Вермистиму» з додаванням водного розчину біологічно активного йоду, який створює оптимальні умови для росту і розвитку рослин [11; 86].

Відомо, що ці препарати зумовлюють зростання енергії клітини рослин, активізують фізіолого-біохімічні процеси, сприяють більш ефективному засвоєнню поживних речовин. Є високоефективними за умов передпосівної обробки насіння

та обприскування рослин під час вегетації. Внесення біостимуляторів «Вермимаг» та «Вермийодіс» під час культивування рослин соняшника гібриду НР Бріо у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу сприяло поліпшенню водно-фізичних властивостей ґрунту під час посухи, активізації діяльності мікрофлори, покращувало живлення рослин, підвищувало стресостійкість внаслідок гіпертермії та дії пестицидів [86].

Під час проведення досліджень біостимулятори вносили двічі – у фенологічних фазах сходів та бутонізації у розрахунку по 5 л/га.

## **2.3. Методи лабораторних досліджень**

### **2.3.1. Визначення вмісту пігментів фотосинтезу**

Вміст хлорофілів *a*, *b* та каротиноїдів визначали у загальному екстракті пігментів без попереднього їх розділення [233].

Для цього наважку рослинного матеріалу, масою 100 мг подрібнювали та поміщали у фарфорову ступку. Для попередження феофітінзації пігментів на кінчику скальпеля вносили невелику кількість  $\text{CaCO}_3$ , який нейтралізує кислоти клітинного соку. Доливали 4–5 мл 80 % ацетону і гомогенізували.

Отриманий екстракт зливали на скляний фільтр, вставлений у колбу Бунзена. Рідину відсмоктували за допомогою помпи. Ступку ополіскували декілька разів невеликими порціями розчинника та знову вливали на фільтр. Потім екстракт переливали у мірну колбу на 25 мл, ополіскували колбу Бунзена розчинником та зливали у мірну колбу, доводячи об'єм екстрагенту до мітки.

Оптичну густину екстракту визначали при довжинах хвиль, що відповідали максимумам поглинання хлорофілів *a* і *b* та суми каротиноїдів – 663, 646 та 470 нм. Розчинник використовували як контроль. Концентрацію пігментів розраховували за формулою Ліхтенталера:

$$C_{\text{хл.а, мг/л}} = 12,21 \cdot D_{663} - 2,81 \cdot D_{646}, \quad (2.1)$$

$$C_{\text{хл.б, мг/л}} = 20,13 \cdot D_{646} - 5,03 \cdot D_{663}, \quad (2.2)$$

$$C_{\text{хл.а + хл.б, мг/л}} = 7,12 \cdot D_{660} + 16,8 \cdot D_{642,5}, \quad (2.3)$$

$$C_{\text{кар., мг/л}} = \frac{1000 \cdot D_{470} - 3,27 \cdot C_{\text{хл.а}} - 100 \cdot C_{\text{хл.б}}}{229}. \quad (2.4)$$

Уміст пігментів (А) у рослинній сировині розраховували за формулою:

$$A, \text{ мг/г} = \frac{C \cdot V}{H \cdot 1000}, \quad (2.5)$$

де С – концентрація пігментів, мг/л,

V – об'єм екстракту, мл (25 мл),

H – наважка рослинного матеріалу, г.

### 2.3.2. Визначення активності антиоксидантних ензимів

**Активність СОД** вимірювали спектрофотометрично (СФ-2000, ОКБ «Спектр», РФ) за здатністю ензиму інгібувати фотохімічне відновлення нітросинього тетразолію (НТС) [235]. Інкубаційна суміш, об'ємом 3 мл складалася з 0,15 М Na-фосфатного буфера (рН 7,8),  $1 \cdot 10^{-6}$  М EDTA,  $0,4 \cdot 10^{-3}$  М НТС,  $1,8 \cdot 10^{-6}$  М феназинметасульфат,  $0,1 \cdot 10^{-6}$  М NADH. Інкубацію проводили упродовж 10 хв у темряві при температурі 20 °С. Екстинцію вимірювали при 540 нм.

За одиницю активності СОД приймали кількість ензиму, який здатен пригнічувати реакцію фотовідновлення НТС за 1 хв. Активність ензиму розраховували за формулою:

$$A = T\% / (100 - T)\%. \quad (2.6)$$

Блок визначали за методикою Бредфорда [238].

**Активність каталази** вимірювали спектрофотометрично, враховуючи здатність гідроген пероксиду утворювати з амоній молібдатом стійку кольорову сполуку.



Рослинний матеріал гомогенізували з екстракційним буфером, що містив 0,1 М фосфатний буфер, рН 6,8, 20 % гліцерин, 30 мМ дитіотрейтол, 0,1% полівінілполіпірролідон [24]. Отриманий гомогенат охолоджували до +4 °С та центрифугували при 10000 g упродовж 15 хв.

Супернатант використовували для визначення активності каталази, пероксидази та білка. Білок визначали за методикою Бредфорда [238]. Активність каталази виражали в мкмолях  $\text{H}_2\text{O}_2$ /хв на 1 мг білка.

**Активність пероксидази** визначали за кількістю утвореного кольорового продукту пероксидазного окиснення аміноантипірину при 525 нм [239].

Питому активність ензиму визначали за формулою:

$$A = \frac{\Delta A_{540} / \text{хв}}{6,58 \cdot \text{Смг/мл}} \quad (2.7)$$

### **2.3.3. Визначення активності процесів пероксидного окиснення ліпідів за утворенням малонового діальдегіду**

Вміст ТБК-активних продуктів за утворенням малонового діальдегіду (МДА) визначали за методикою, що базується на утворенні забарвленого продукту при взаємодії МДА з 2-тіобарбітуровою кислотою (ТБК) [233].

Наважку 0,5 г рослинного матеріалу гомогенізували із 3 мл води, до гомогенату додавали такий же об'єм 20 % трихлороцтової кислоти (ТХО) й знову гомогенізували. Після гомогенізації у 2 проби відбирали по 2 мл. До однієї з них (контрольна) вносили 2 мл 20 % ТХО.

До другої (дослідна) проби вносили 2 мл 0,5% ТБК (у 20 % ТХО). Проби закривали корками, інкубували 30 хв у киплячій водяній бані, охолоджували та центрифугували 10 хв при 1000 g. Визначали оптичну густина супернатанту при 532 нм.

Розраховували вміст МДА у рослинній сировині (нмоль/г сирої маси) за формулою:

$$X = \frac{D \cdot 1000000 \cdot V \cdot A}{H \cdot \varepsilon}, \quad (2.8)$$

де  $D$  – значення оптичної густини при 532 нм;

$V$  – об'єм реакційної суміші, 4 мл;

$A$  – відношення загального об'єму екстракту до об'єму проби, взятої для визначення МДА;

$\varepsilon$  – молярний коефіцієнт екстинкції, рівний 15500 л/(см·моль), мл;

$m$  – маса наважки, г.

#### 2.3.4. Визначення вмісту аскорбінової кислоти

Вміст АК визначали за методикою Муррі, яка ґрунтується на використанні реактиву Тільманса (2,6-дихлорфеноліндофенол), водний розчин якого під впливом АК знебарвлювався [233].

Наважку 5 г рослинного матеріалу гомогенізували шляхом розтирання у фарфоровій чашці за присутності 2 % метафосфорної кислоти та доводили об'єм до 100 мл цією ж кислотою. Гомогенат центрифугували при 700 g.

У дослідні проби вносили 3 мл екстракту та 0,3 мл 0,025% розчину 2,6-дихлорфеноліндофенолу. Одразу включали секундомір і через 35 секунд фотометрували при 530 нм у кюветі з робочою довжиною 1 см проти 2 % кислоти.

Контролем була проба, що містила 3 мл 2 % кислоти та 0,3 мл барвника. Зміна інтенсивності забарвлення дослідного розчину пропорційна кількості АК.

Для обчислення кількості АК будували калібрувальний графік. Вміст АК розраховували за формулою:

$$X = \frac{A \cdot V}{m}, \quad (2.9)$$

де  $X$  – кількість АК, мкг/г сирої маси;

$A$  – вміст АК, мкг/мл екстракту, знайденої за калібрувальним графіком;

$V$  – об'єм екстракту, мл;

$m$  – маса наважки, г.

### 2.3.5. Визначення вмісту каротину

Вміст каротину у екстрактах рослин *C. officinalis* визначали методом Попандопуло [228].

Наважку 5 г рослинного матеріалу гомогенізували з додаванням петролейного ефіру. Гомогенат за допомогою петролейного ефіру переносили зі ступки у конічну колбу на 200 мл, на дно якої насипали 1,5 см шар натрій сульфату і заливали петролейним ефіром до повного покриття рослинного матеріалу. Колбу закривали корком і ставили на добу в темне місце.

Вміст колби поступово фільтрували за допомогою скляного фільтра Шота № 3, з'єднаного із колбою Бунзена. Осад і адсорбент промивали розчинником до знебарвлення петролейного ефіру, що витікав із фільтра.

Вимірювали об'єм отриманого екстракту, переносили супернатант у кювети та визначали оптичну густина при  $\lambda=440$  нм.

Розраховували вміст каротину у рослинній сировині (мкг/г маси сирої речовини) за формулою:

$$X = \frac{D \cdot V}{m}, \quad (2.10)$$

де  $D_{440}$  – значення оптичної густини екстракту при 440 нм;

$V$  – об'єм екстракту, мл;

$m$  – маса наважки, г.

### 2.3.6. Визначення вмісту суми флавоноїдів

Визначення вмісту суми флавоноїдів проводили спектрофотометрично, у перерахунку на рутин [229].

Наважку  $1 \pm 0,01$  г подрібненого рослинного матеріалу переносили у круглодонну колбу на 200 мл, додавали 100 мл 70 % етанолу та кип'ятили на водяній бані зі зворотним холодильником протягом двох годин.

Отриманий екстракт охолоджували до кімнатної температури, доводили розчинником вагу до початкової і фільтрували.

5 мл фільтрату переносили у мірну колбу на 25 мл, додавали 5 мл 2 % розчину алюмінію хлориду, 0,1 мл льодяної оцтової кислоти та доводили до мітки 96 % етанолом (дослідна проба).

Контролем була проба, що містила 5 мл фільтрату, 0,1 мл льодяної оцтової кислоти, доведена 96 % етанолом до мітки в мірній колбі на 25 мл.

Через 30 хв вимірювали оптичну густину при  $\lambda=405$  нм.

Паралельно вимірювали оптичну густину розчину, який містив 1 мл розчину стандартного зразка рутину, 5 мл 2 % розчину алюмінію хлориду, 0,1 мл льодяної оцтової кислоти, доведеного до мітки в мірній колбі на 25 мл 96 % етанолом. Контроль містив 1 мл розчину стандартного зразка рутину, 0,1 мл льодяної оцтової кислоти, доведених до мітки 96 % етанолом у мірній колбі на 25 мл.

Розраховували вміст суми флавоноїдів (X, %), у перерахунку на рутин за формулою:

$$X = \frac{D_1 \cdot 0,5 \cdot 100}{D_0 \cdot m \cdot (100 - W)}, \quad (2.11)$$

де  $D_1$  – значення оптичної густини досліджуваного розчину при 405 нм;

$D_0$  – значення оптичної густини стандартного розчину рутину при 405 нм;

$m$  – маса наважки, г;

$W$  – втрата у масі при висушуванні, %.

### 2.3.7. Визначення вмісту ефірної олії

Кількісне визначення ефірної олії у ЛРС *M. recutita* проводили відповідно

до фармакопейної методики (національні вимоги ДФУ), що описана у монографії «Ромашки квітки», методом перегонки з водяною парою [79]. Як розчинник для поглинання ефірної олії використовували ксилол, який додавали до градуйованої трубки, кількістю 0,5 мл. Тривалість перегонки становила 4 год зі швидкістю 3–4 мл/хв. Об'єм ефірної олії вимірювали у градуйованій трубці з вирахуванням об'єму ксилолу.

### 2.3.8. Визначення інтегральної антиоксидантної активності

Визначення інтегральної антиоксидантної активності (ІАОА) проводили потенціометричним методом, модифікувавши [232, 234] два методи – Х. Брайніної і співроб. [237] та Д. Аронбаєва і співроб. [226]. Вимірювали зміну окисно-відновного потенціалу (ОВП) медіаторної системи  $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$  зі співвідношенням концентрацій окисненої та відновленої форми 100:1 після внесення до неї досліджуваного розчину. Медіаторну систему готували на 0,066 М фосфатному буфері з рН 7,2 [237].

Потенціометрію проводили з використанням приладу марки рН-150МИ в режимі вимірювання ОВП. Як індикаторний електрод використовували платиновий електрод марки ЭПЛ-02, а як електрод порівняння – хлорсрібний електрод марки ЭВЛ-1М3.1, заповнений розчином калій хлориду з концентрацією 3 моль/дм<sup>3</sup>.

Спочатку вимірювали потенціал платинового індикаторного електрода в медіаторній системі. Для визначення ІАОА екстрактів 0,2 мл досліджуваного розчину змішували з 10 мл медіатора. Після встановлення рівноваги визначали потенціал платинового індикаторного електрода в отриманій суміші. Перерахунок ІАОА робили відносно концентрації АК [226].

Для цього будували калібрувальний графік залежності різниці потенціалу медіаторної системи до та після додавання розчину АК від логарифму концентрації АК в початковому стандартному розчині для водного та спиртового

розчинів АК (рис. 2.1). Калібрування проводили для кожної наступної серії екстрактів.

Величину інтегральної антиоксидантної активності ІАОАх для досліджуваних екстрактів обчислювали за загальною формулою для отриманих калібрувальних залежностей (2.12):

$$\lg[C(АК)] = A \cdot \Delta E + B, \quad (2.12)$$

де А, В – коефіцієнти калібрувальних залежностей, згідно з методом найменших квадратів, який реалізовано в табличному процесорі Microsoft Excel;  $\Delta E$  – різниця між ОВП медіаторної системи перед додаванням та після додавання розчину, в якому вимірювали ІАОА.

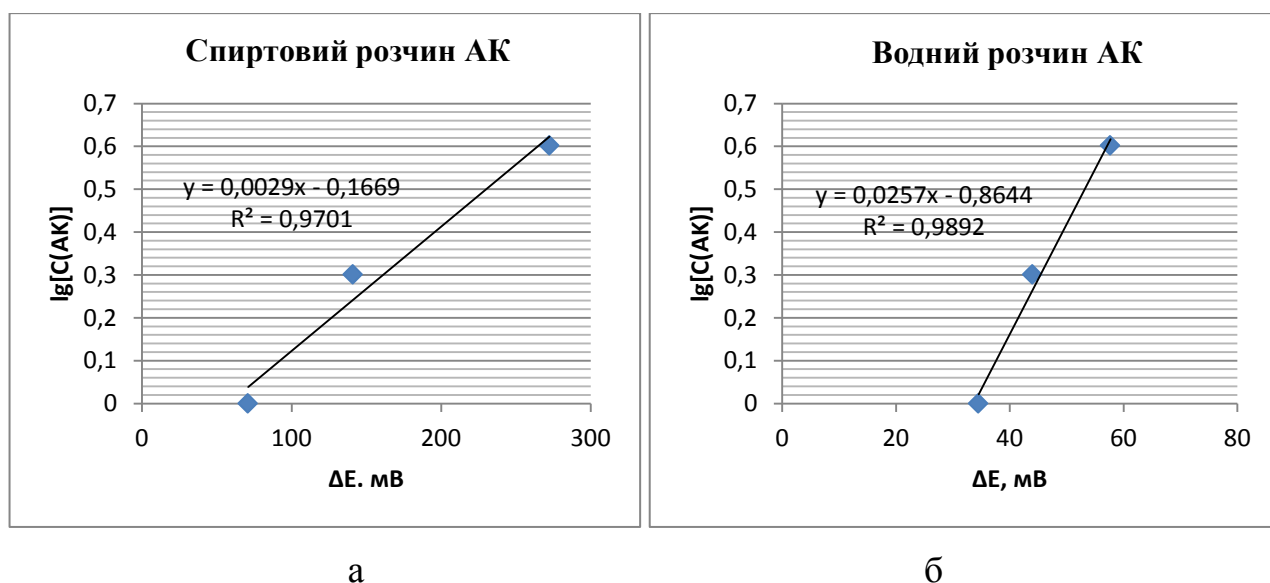


Рис. 2.1. Приклади калібрувальних залежностей медіаторної системи для визначення ІАОА: а – спиртовий розчин АК; б – водний розчин АК

ІАОАх в одиницях концентрації АК (мг/мл) в екстракті визначали за формулою (2.13):

$$ІАОАх = 10^{\lg[C(АК)]}, [\text{мг АК/ мл}] \quad (2.13)$$

Водні та спиртові екстракти рослин готували відповідно до ДФУ у співвідношенні 1:10.

#### **2.4. Статистичний аналіз експериментальних даних**

Досліди проводили у трьох біологічних та п'яти аналітичних повтореннях. У кожному повторі було 20 рослин. Для кожної вибірки показників визначали середнє арифметичне та квадратичне значення (M), стандартну похибку середнього (m), коефіцієнт Ст'юдента та достовірність. Статистичну обробку даних проведено за допомогою програми Microsoft Statistica 6.0, розбіжності між вибірками вважали значущими при  $p < 0,05$  [230, 231].

### **Висновок до розділу 2**

Уперше в агроекологічних умовах зони Передкарпаття та Західного Лісостепу проведені дослідження щодо впливу біостимуляторів росту рослин «Вермистим», «Вермимаг» та «Вермийодіс» під час вирощування лікарських рослин *C. officinalis* сорту Польова красуня і *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу.

Програма досліджень включала аналіз механізмів дії біостимуляторів та впливу екологічних факторів, зокрема хімічного складу ґрунту і клімату на морфометричні й біохімічні показники рослин, врожайність. Визначали висоту рослин, кількість суцвіть на кожній з них, їх діаметр та врожайність. Важливо було з'ясувати вміст пігментів фотосинтезу, активність прооксидантно-антиоксидантної системи та накопичення важливих БАР.

З використанням лабораторних методів у клітинах досліджуваних рослин визначено вміст фотосинтетичних пігментів, активність ензимів (СОД, каталази і пероксидази) та процесів ПОЛ за утворенням МДА, вміст АК, флавоноїдів, каротинів (у ЛРС *C. officinalis*), ефірної олії (у ЛРС *M. recutita*), а також ІАОА у водних та спиртових екстрактах суцвіть рослин.

## Список використаних джерел до розділу 2

226. Аронбаев Д. М., Тен В. А., Юлаев М. Ф., Аронбаев С. Д. *Молодой учёный*. 2015. № 4 (84). С. 30–34.
227. Глазова М. В., Перепелова О. М., Шелудько Л. А., Бузель Н. А. Ромашка аптечная. *Биология, селекция и семеноводство лекарственных культур*. Москва, 1982. С. 62–68.
228. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : ЗАТ Нічлава, 2003. С. 29–30.
229. Державна Фармакопея України. Державне підприємство «Науково-експертний фармакопейний центр» : 1-е вид. ; доповнення 2. Харків : РІРЕГ, 2008. 620 с.
230. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
231. Лакин К.Ф. Биометрия. Москва : Высш. школа, 1980. 293 с.
232. Лупак О. М., Ковальчук Г. Я., Антоняк Г. Л. Потенціометричне визначення антиоксидантної активності екстрактів рослин *Calendula officinalis* L. за впливу біостимуляторів росту. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*. 2017. № 6 (9). С. 10–13. URL: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2017.119086>.
233. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. С. 97–99; 127–129.
234. Патент України на корисну модель UA №141227. Спосіб потенціометричного визначення інтегральної антиоксидантної активності водних та спиртових розчинів / Ковальчук Г. Я., Лупак О. М., Полюжин І. П.; заявник і патентовласник ДДПУ імені Івана Франка. № u 201909884; заявл. 19.09.19, опуб. 25.03.20. Бюл. № 6.



235. Чевари С., Чаба И., Секей Й. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах. *Лабораторное дело*. 1985. Вып. 11. С 678–681.

236. Шелудько Л. П., А. Т. Горбань. Селекція лікарських культур в Україні. *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*: зб. наук. праць. К.: Логос, 2001. Т. 3. С. 203–217.

237. Brainina Kh. Z., Ivanova A. V., Sharafutdinova E. N., Saraeva S. Yu. Potentiometric determination of antioxidant activity of food and herbal extracts. *In Electrochemical Sensor Analysis*; Alegret, S.; Merkoci, A., Eds.; Elsevier: Amsterdam, 2007b. P. 277.

238. Bradford W. A simple method for protein test. *Annal. Biochem.* 1976. Vol. 72. P. 248–252.

239. Worthington. Enzyme manual. URL: <http://www.worthington>.

### Розділ 3

## ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ В РОЗТОЦЬКО-ОПІЛЬСЬКІЙ ГОРБОГІРНІЙ ТА ПЕРЕДКАРПАТСЬКІЙ ВИСОЧИННІЙ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ОБЛАСТЯХ

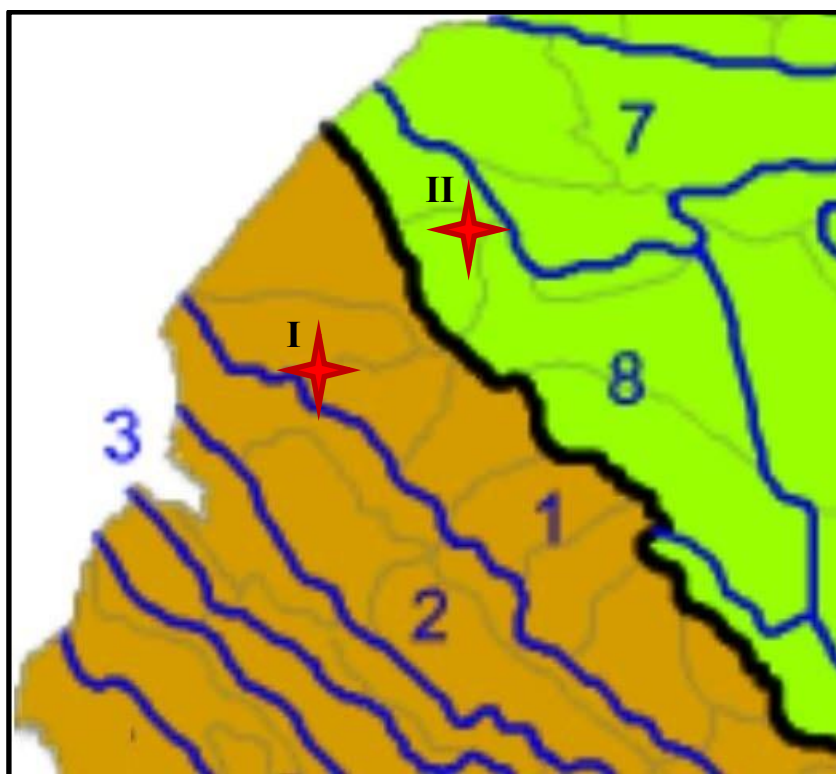
### 3.1. Локалізація експериментальних ділянок

Екологічну ситуацію або стан природного середовища регіонів дослідження необхідно оцінювати за комплексом екофакторів. Тому спочатку з'ясуємо, як поділені території Західної України за різними властивостями (рельєфом, ґрунтами, вологістю, кліматом) за загальноприйнятими цільовими класифікаціями природно-кліматичних умов. Найважливішими для наших досліджень є фізико-географічне і агроґрунтове районування України [244; 245; 247; 249], що дають уяву про відмінності й подібності природних умов (дод. А, рис. 1).

Польові експерименти з вирощування лікарської сировини були проведені в природних умовах двох фізико-географічних зон (рис. 3.1). У передгірній зоні Українських Карпат (Гірський край) закладали досліди на навчально-дослідній ділянці Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (м. Дрогобич). У зоні широколистяних лісів закладали експерименти на дослідній ділянці Навчально-науково дослідного центру Львівського національного аграрного університету (м. Дубляни). Природні умови розташування дослідних ділянок в околиці м. Дрогобич (Передкарпатська височинна область) та м. Дубляни (Розтоцько-Опільська горбогірна область) відрізняються.

Відповідно до агроґрунтового районування України, експерименти у м. Дрогобич проводили в Лісолучній буроземній зоні Передкарпаття, що є акумулятивною рівниною з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими, переважно поверхнево-оглеєними ґрунтами Українських Карпат (гірської країни Карпат) (рис. 3.2). Дослідні ділянки у м. Дубляни розташовувалися у Лісостеповій зоні, що є Західною провінцією, де простилається піднесена рівнина з

підвищеною вологістю та світло- і темно-сірими опідзоленими ґрунтами, переважно на лесових породах.



I – Дрогобич; II – Дубляни.



– Гірський край – Українські Карпати.

1 – Передкарпатська височинна область.

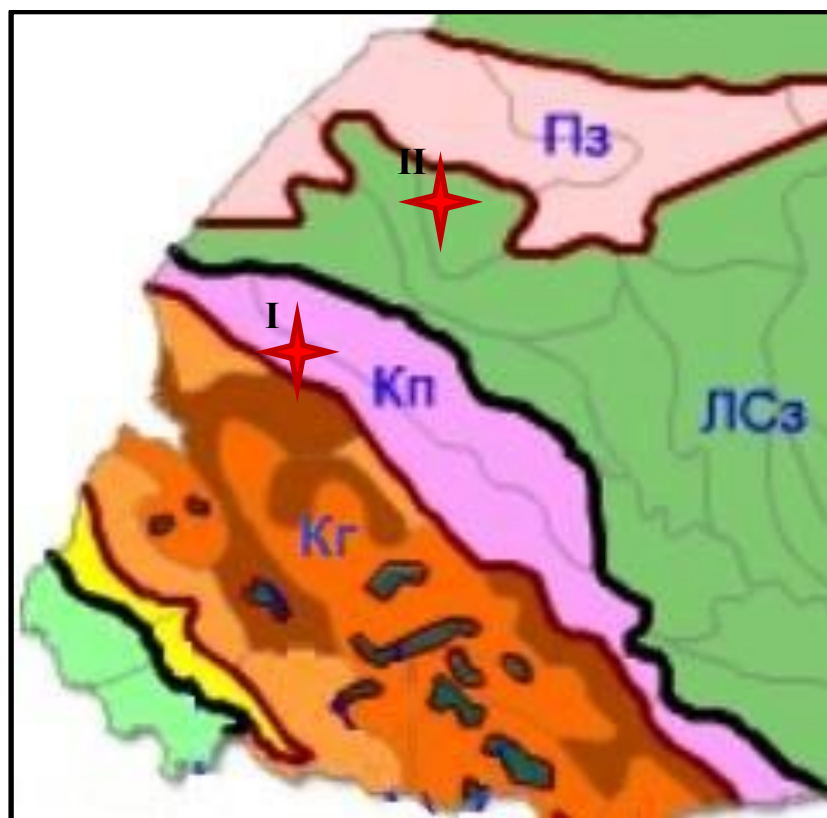


– Зона широколистяних лісів – Західноукраїнський край.

8 – Розтоцько-Опільська горбогірна область.

Рис. 3.1. Локації об'єктів польових експериментів за фізико-географічним районуванням України [249]

Отже, об'єкти наших досліджень (дод. А, рис. 2) були розташовані на переважно рівнинній території з підвищеною вологістю, проте із різними агроекологічними характеристиками, такими як температурний режим вегетаційного періоду та генеза і властивості ґрунтів дослідних ділянок.



I – Дрогобич; II – Дубляни

ЛСз

– Західна провінція піднесеної рівнини з підвищеною вологістю та світло- і темно-сірими опідзоленими ґрунтами, переважно на лесових породах Лісостепової зони (ЛСз) .

Кп

– Лісолучна буроземна зона Передкарпаття акумулятивної рівнини з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими переважно поверхнево-оглеєними ґрунтами Українських Карпат (гірської країни Карпат – Кп).

Кг

– Карпатська гірська лісолучна буроземна зона

Рис. 3.2. Локації об'єктів польових експериментів за агроґрунтовим районуванням України [247]

### 3.2. Агроекологічні умови проведення польових експериментів

Формування продуктивності та якісної лікарської рослинної сировини, зокрема, *S. officinalis* та *M. recutita*, істотно залежить від багатьох абіотичних та

біотичних чинників. Вирішальну роль при цьому відіграють едафічний і кліматичний чинники.

### **3.2.1. Опис ґрунтових профілів та агрохімічні показники ґрунтів на ділянках вирощування лікарських рослин**

Ґрунти, на яких проводили польові дослідження, належать до двох різних типів [248]: темно-сірі опідзолені ґрунти, утворені переважно на лесоподібних суглинках (м. Дубляни), та дерново-середньо-підзолисті поверхнево-оглеєні середньо-суглинкові ґрунти (м. Дрогобич).

На дослідному полі в м. Дублянах описано темно-сірий опідзолений ґрунт з такими властивостями: потужність гумусного горизонту (He) становить 37 см, середньосуглинковий за гранулометричним складом та його високою щільністю будови у природному стані (1,20–1,42 г/см<sup>2</sup>). Загальна шпаруватість становить приблизно 51–59 % [251]. За своїми властивостями ґрунт наближається до чорноземів опідзолених. Генетико-морфологічна будова профілю показана на рис. 3.3.

З місцем поширення темно-сірих опідзолених ґрунтів тісно пов'язані груповий і фракційний склад гумусу, а також фізико-хімічні властивості. У темно-сірому опідзоленому вологому ґрунті при сумі гумінових кислот (ГК) 26,3–43,3 % від суми (С) і фульвокислот (ФК) 30,8–60,4 % від суми (С) співвідношення  $S_{гк} : S_{фк}$  коливається у межах 0,4–1,2 [245].

Проведено агрохімічний аналіз ґрунту дослідних ділянок (табл. 3.1), за результатами якого з'ясовано забезпеченість поживними речовинами у темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті.

Уміст гумусу в орному шарі (30 см) середній – 2,61 %; легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 128,9 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення низький); рухомих форм фосфору (за Чириковим) – 132 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення підвищений); обмінних форм калію (за Чириковим) – 99 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення підвищений); обмінного кальцію – 18,7 мг-екв/100 г ґрунту (ступінь

забезпечення високий) та обмінного магнію – 1,2 мг-екв/100 г ґрунту (забезпеченість середня). Реакція ґрунтового розчину нейтральна, рН сольової витяжки – 6,6. Уміст рухомих форм важких металів у ґрунті (міді, цинку, кадмію і свинцю) становив менше гранично допустимих концентрацій, а рухомих форм кобальту і ртуті узагалі не виявлено.

Таблиця 3.1

## Агрохімічні властивості ґрунтів дослідних ділянок

Вміст		Ґрунти	
		темно-сірий опідзолений легкосуглинковий (м. Дубляни)	дерново- підзолистий поверхнево- оглесений (м. Дрогобич)
гумус за Тюрніним		2,61	2,08
рН		6,6	5,8
мг/кг ґрунту	легкогідролізований азот (за Корнфілдом)	128,9	90,1
	рухомого фосфору (за Чириковим)	132	89
	обмінного калію (за Чириковим)	99	73
мг-екв / 100 г	обмінного кальцію	18,7	11,4
	обмінного магнію	1,2	0,9
мг/кг ґрунту	рухомих форм марганцю	19,8	13,8
	рухомих форм міді	1,4	0,8
	рухомих форм цинку	1,28	3,06
	рухомих форм бору	0,65	0,38
	рухомих форм свинцю	2,6	3,4
	рухомих форм кадмію	0,26	0,32
	рухомих форм кобальту	Сліди	сліди
	рухомих форм ртуті	Сліди	сліди

<b>He op</b> (0–22 см)	– гумусово-елювіальний горизонт, орний, темно-сірого забарвлення, вологий, грубопиловато-легкосуглинковий за гранулометричним складом, грудкувато-зернистий за структурою, присутня кремнеземна присипка, густо пронизаний корінцями рослин, червоточинами, копролітами, перехід у наступний горизонт помітний;
<b>He п/ор.</b> (23–37 см)	– гумусово-елювіальний підорний горизонт, темно-сірого забарвлення, неоднорідний, вологий, ущільнений, грубопиловато-легкосуглинковий за гранулометричним складом, дрібногрудкуватої структури, на структурних агрегатах присутня кремнеземна присипка, зустрічаються корінці рослин і червоточини, перехід чіткий;
<b>Hi</b> (38–58 см)	– гумусово-ілювіальний горизонт, темно-сірого з буруватим відтінком забарвлення, вологий, щільніший за попередній горизонт, грубопиловато-середньосуглинковий за гранулометричним складом, грудкувато-горіхуватої структури, видно сліди кремнеземної присипки, залишків корінців рослин, червоточини і копроліти, перехід чіткий;
<b>Ih</b> (59–85 см)	– ілювіальний гумусований горизонт, темно-бурого неоднорідного забарвлення, щільний, вологий, середньосуглинковий, горохуватої структури, зустрічаються червоточини і копроліти, перехід чіткий;
<b>Ip</b> (86–101 см)	– ілювіальний перехідний горизонт, світло-бурого забарвлення, вологий, щільніший за попередній горизонт, грубопиловато-середньо-суглинковий за гранулометричним складом, призматичної структури, поступово переходить в ґрунтотворну породу;
<b>Pk(gl)</b> (102–186 см)	– ґрунтотворна порода – лесоподібний суглинок, світло-палевого забарвлення, спостерігається бурхливе скипання від HCl карбонати представлені у формі псевдоміцелію і прожилок, присутні ознаки оглеєння у вигляді вохристих плям.

Рис. 3.3. Генетико-морфологічна будова профілю темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту на лесі

Ґрунти Передкарпаття, на яких проводили польові дослідження, – дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні. Вони значно відрізняються від темно-сірих опідзолених ґрунтів Західного Лісостепу за генетико-морфологічною будовою профілю, гранулометричним складом та фізико-хімічними властивостями.



Для дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтів характерні: низький вміст і запаси гумусу (в орному шарі його вміст становить 2,0–2,3 %), регресивно-аккумулятивний тип його розподілу, низька збагаченість гумусу Нітрогеном, що перебуває з ним у конституційному зв'язку, середня і висока гуміфікація органічної речовини, гуматно-фульватний тип гумусу із домінуванням фульвокислот; низьке значення рН, низький ступінь насичення вбирного комплексу, у складі якого переважає Гідроген, високі показники гідролітичної кислотності.

За гранулометричним складом дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти Передкарпаття належать до грубопилувато-легко- та середньо суглинкових відмін. У профілі переважають фракції грубого пилу, що погіршує їх загальні фізичні та водно-фізичні властивості. Щільність будови орного шару становить 1,25–1,32 г/см<sup>2</sup>, загальна шпаруватість – 48,6–52,7 % [245].

Дерново-підзолистий поверхнево-оглеєний ґрунт Передкарпаття має генетико-морфологічну будову профілю, яка показана на рисунку 3.4.

Результати агрохімічних досліджень (табл. 3.1) ґрунту дослідних ділянок, що розміщувалися на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття дали змогу виявити його забезпеченість поживними речовинами: вміст гумусу – 2,08 %; легкогідролізованого азоту – 90,1 мг/кг ґрунту (дуже низький ступінь забезпечення); рухомих форм фосфору – 89 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення середній); рухомих форм калію – 73 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення середній); обмінного кальцію – 11,4 мг-екв/100 г ґрунту (ступінь забезпечення підвищений) та обмінного магнію – 0,9 мг-екв/100 г ґрунту (ступінь забезпечення середній). У досліджуваних зразках ґрунту вміст рухомих форм важких металів (міді, цинку, кадмію і свинцю) виявлено у кількостях, менших від їх гранично допустимих концентрацій, а рухомих форм кобальту і ртуті узагалі не виявлено.

Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної, рН сольової витяжки становить 5,8.



<b>HEgl</b> (0–33 см)	– гумусово-елювіальний горизонт, сірого забарвлення, вологий, слабоущільнений, грубопилувато-легкосуглинковий за гранулометричним складом, грудкувато-зернистої структури, з помітною кремнеземною присипкою, щільно пронизаний корінням рослин, зустрічаються червоточини, перехід чіткий.
<b>E(h)gl</b> (34–41 см)	– елювіальний слабогумусований, горизонт, білясто-сірого забарвлення, вологий, слабоущільнений, легкосуглинковий за гранулометричним складом, грудкувато-пластичнчастої структури, з великою кількістю кремнеземної присипки, присутні новоутворення залізисто-марганцевих конкрецій, що вказує на оглеєння, зустрічаються дрібне коріння рослин і червоточини, перехід поступовий.
<b>EIgl</b> (42–53 см)	– елювіальний ілювіальний горизонт, оглеєний, сіруватий з бурим відтінком, з наявними темно-бурими плямами залізо-марганцевих новоутворень, вологий, ущільнений, грубопилуватий легкосуглинковий, пластнчасто-призматичної структури, ущільнений, з кремнеземною присипкою, червоточинами, копролітами, перехід помітний.
<b>Igl</b> (54–133 см)	– ілювіальний горизонт, оглеєний, бурого з вохристими залізисто-марганцевими плямами забарвлення, на гранях структурних агрегатів помітні натіки $R_2O_3$ , дуже щільний, середньо суглинковий за гранулометричним складом, грубо-призматичної структури, зустрічається кремнеземна присипка, зрідка червоточини, поступово переходить в ґрунтотворну породу.
<b>Pgl</b> (134–195 см)	– делювіальний суглинок, буро-сизуватого забарвлення з залізисто- марганцевими конкреціями і кільцями, середньо суглинковий, ущільнений.

Рис. 3.4. Генетико-морфологічна будова профілю дерново-підзолистого поверхнево-оглеєного легкосуглинкового ґрунту

Таким чином, темно-сірі опідзолені легкосуглинкові ґрунти дослідних ділянок, що розташовувалися на території Західного Лісостепу, характеризуються високим потенціалом родючості і сприятливими агрохімічними властивостями, внаслідок чого створюються оптимальні умови для вирощування польових і кормових культур.

Водночас темно-сірі опідзолені легкосуглинкові ґрунти за потенціалом родючості та сприятливішими агрохімічними властивостями порівняно із дерново-підзолистими поверхнево-оглесними ґрунтами Передкарпаття є кращими для вирощування лікарських рослин (*C. officinalis* та *M. recutita*). У темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах Західного Лісостепу встановлено вищий вміст гумусу та виявлено вищий ступінь забезпечення азотом, фосфором, кальцієм і магнієм, що мало певний вплив на умови культивування лікарських рослин та біохімічні процеси, які визначають формування якісної лікарської сировини *C. officinalis* та *M. recutita*.

За узагальненням даних геохімічних обстежень 1990–1995 рр. [252], специфічне сумарне забруднення території Заходу України було поділене на чотири зони. За оцінками авторів, на основі досліджень сумарної забрудненості ґрунтів за вмістом валових форм кобальту, міді, нікелю, свинцю, хрому та цинку. За чотиріступеневою шкалою сумарної оцінки забруднення важкими металами Розтоцько-Опільська горбогірна область розміщена у помірно забрудненій зоні (сумарне перевищення фону до 8 разів), Передкарпатська височинна – у відносно сприятливій зоні (сумарне перевищення фону від 8,1 до 14 разів).

За узагальненням сучасних даних геохімічних обстежень [248], середньозважений валовий вміст у ґрунтовому покриві Розтоцько-Опільської горбогірної області кобальту коливається в межах 1–5 мг/кг, Передкарпатської височинної – від 15 до 20, марганцю відповідно – від 400 до 550 мг/кг та від 550 до 900, міді – від 1 до 5 мг/кг та 5–20, цинку – від 10 до 30 мг/кг та від 60 до 90, молібдену – від 0,8 до 1,2 мг/кг та від 2,4 та 3,2.

Проте наш аналіз узагальнених даних, а також власні дослідження показують, що ні у Розтоцько-Опільській горбогірній, ні у Передкарпатській височинній фізико-географічних областях на території, де локалізувалися досліджувані ділянки, ґрунтів із забрудненням, яке перевищує ГДК за важкими металами, немає.

### 3.2.2. Особливості клімату та погодні умови в роки вирощування лікарських рослин

За роки проведення досліджень (2015–2017) метеорологічні умови як Західного Лісостепу, так і Передкарпаття за кількістю опадів та температурним режимом відрізнялися і між собою (додаток А, рис. 3–8), і від середніх багаторічних показників, що впливало на продуктивність та деякі біохімічні показники рослин *C. officinalis* та *M. recutita*.

У таблицях 3.2, 3.3 та додатку А, рис. 3–8 подано метеорологічні показники під час проведення досліджень найближчих метеостанцій (м. Львів та м. Дрогобич).

Аналіз метеорологічних умов 2015 р. засвідчив, що вони дещо відрізнялися від середніх багаторічних, особливо у період сівби та під час вегетації рослин.

У квітні 2015 р. спостерігалася прохолодна погода. На дослідних ділянках у першій декаді квітня ще лежав сніг завглибшки 4–9 см, що не дало можливості в оптимальні строки провести посів рослин *C. officinalis* та *M. recutita*. Сівба лікарських культур була проведена у кінці другої декади квітня, до того ж в умовах Передкарпаття на 3–4 дні пізніше, ніж у Західному Лісостепу. Кількість опадів у квітні у Західному Лісостепу становила 37,6 мм, що на 3,9 мм нижче середньої багаторічної (табл. 3.2), а у зоні Передкарпаття їх випало лише 27,9 мм при середній багаторічній 53 мм (табл. 3.3), що значно вплинуло на появу сходів.

Травень також характеризувався складними метеоумовами. Прохолодна погода з частими зливами у першій та третій декаді місяця значно вплинула на початковий ріст і розвиток досліджуваних рослин та міжфазний період (сходи – бутонізація), особливо це спостерігалось у зоні Передкарпаття. Місячна кількість опадів у зоні Передкарпаття становила 126,3 мм, що на 35 мм перевищувала норму (середню багаторічну) і на 33,8 мм була вищою, ніж у Західному Лісостепу.

Червень і липень для обидвох екологічних зон відзначилися теплою та сухою погодою. Середньомісячна температура повітря цих місяців у Західному Лісостепу була вищою порівняно із нормою, а місячна кількість опадів у червні

становила 48,4 мм, що на 33,6 мм нижча від середньої багаторічної, а у липні становила 84,1 мм, що відповідала середній багаторічній нормі (85,0 мм). Середньомісячна температура повітря у червні та липні для зони Передкарпаття була у межах норми, проте кількість опадів за місяць становила 50–55 % від середньої багаторічної норми. Однак протягом означеного періоду, а саме, у першій декаді червня та другій декаді липня, відзначалася різка зміна температури повітря, як у Західному Лісостепу, так і у зоні Передкарпаття.

Максимальна температура повітря за цей період у Західному Лісостепу підвищувалася до 30,1–32,7 °С, а мінімальна – знижувалася до 6,5–7,2 °С. В умовах Передкарпаття діапазон коливання температури був ще ширшим: максимальна температура повітря становила 31,0–33,2 °С, а мінімальна знижувалася до 4,4–7,9 °С.

Однак у рослин, культивованих за внесення біостимуляторів росту відзначено зменшення впливу оксидативного стресу, що виникав у результаті кліматичного фактора (температура повітря, посуха). За дії біостимуляторів рослини характеризувалися довшою тривалістю міжфазних періодів росту і розвитку, а відповідно тривалістю вегетаційного періоду та формування суцвіть.

У серпні переважала дуже суха і спекотна погода. Середньомісячна температура повітря була вищою середньої багаторічної норми в обидвох екологічних зонах. Місячна кількість опадів у Західному Лісостепу становила 1,1 мм при нормі 67 мм та 8,7 мм при середній багаторічній нормі 92 мм у зоні Передкарпаття, що зумовлювало оксидативний стрес у клітинах рослин та відповідно прискорювало процеси старіння.

Загалом агрометеорологічні умови 2015 р. для росту і розвитку рослин та формування якісної лікарської сировини були більш сприятливими у Західному Лісостепу, ніж у зоні Передкарпаття.

Значно сприятливішими, порівняно з 2015 р., для формування урожайності та якісної лікарської сировини виявилися метеорологічні умови 2016 р.

Середня місячна температура повітря у квітні у Західному Лісостепу становила 10,1 °С, що лише на 1,3 °С вище середньої багаторічної (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Метеорологічні показники під час проведення досліджень 2015–2017 рр.  
(зона Західного Лісостепу України)

Місяці	Температура повітря, °С				Сума опадів, мм			
	Роки			Середньо-багато-річна	Роки			Середньо-багато-річна
	2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Квітень	7,7	10,1	8,1	8,8	37,6	65,1	48,7	41,0
Травень	12,9	14,3	13,7	13,1	92,5	68,8	80,5	66,0
Червень	17,4	18,6	19,1	16,9	48,4	115,6	31,4	82,0
Липень	19,4	19,2	18,4	18,6	84,1	47,4	74,5	85,0
Серпень	21,5	18,1	19,9	17,8	1,1	32,8	40,8	67,0
За вегетаційний період (квітень – серпень)	15,8	16,1	15,8	15,0	263,7	329,7	275,9	341,0

Примітка: за даними метеостанції м. Львова [257]

Кількість опадів у квітні також була в нормі: за місяць випало 65,1 мм опадів (при середній багаторічній нормі 41 мм). Аналогічна погода у квітні спостерігалася і у зоні Передкарпаття (табл. 3.3), що дало змогу провести сівбу рослин *S. officinalis* та *M. recutita* у двох агроекологічних зонах у першій декаді квітня. Метеорологічні умови квітня були сприятливими для появи дружніх сходів лікарських рослин (додаток А, рис. 3–8).

Сприятливими були погодні умови Західного Лісостепу у травні і червні, у період сходів та бутонізації лікарських рослин. Середня місячна температура повітря становила 14,3–18,6 °С, що відповідно на 1,2–1,7 °С вища від середньої багаторічної. Кількість опадів була також вищою від норми, відповідно на 2,2–33,6 мм.

Таблиця 3.3

Метеорологічні показники під час проведення досліджень 2015-2017 рр.  
(зона Передкарпаття України)

Місяці	Температура повітря, °С				Сума опадів, мм			
	Роки			Середньо-багато-річна	Роки			Середньо-багато-річна
	2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Квітень	8,7	10,5	8,8	7,9	27,9	74,9	32,5	53,0
Травень	13,6	13,7	13,7	13,1	126,3	40,6	87,7	91,0
Червень	17,5	18,5	18,1	17,6	59,4	63,7	62,9	119,0
Липень	17,7	19,2	19,2	17,6	51,1	172,2	92,5	110,0
Серпень	20,6	17,8	19,8	16,9	8,7	28,3	42,5	92,0
За вегетаційний період (квітень – серпень)	15,6	15,9	15,9	14,3	273,4	379,7	318,1	465,0

Примітка: за даними метеостанції м. Дрогобича [257]

Що стосується метеорологічних умов Передкарпаття, то середня місячна температура повітря становила відповідно 13,7 °С та 18,5 °С, що відрізнялася від норми лише на 0,6 °С та 0,9 °С відповідно. Проте кількість опадів у травні становила 40,6 мм, а це на 40,9 мм менше від середньої багаторічної та на 20,2 мм менше, ніж у Західному Лісостепу за цей період. У червні також спостерігалася посушлива погода. Опадів випало на 55 мм менше від середньої багаторічної та на 51,9 мм менше, ніж у Західному Лісостепу, що мало певний вплив ріст і розвиток рослин, формування бутонів.

Під час росту і розвитку лікарських рослин у цей період спостерігалася різке коливання температури повітря, особливо у другій декаді травня та першій декаді червня.

Максимальна температура повітря протягом аналізованого періоду у Західному Лісостепу підвищувалася до 26,7–31,4 °С, а мінімальна знижувалася до 3,9–7,2 °С, а в умовах Передкарпаття максимальна температура повітря відповідно становила 26,3–31,8 °С, а мінімальна знижувалася до 0,8–2,7 °С.

Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку лікарських рослин (сходи – бутонізація та бутонізація – цвітіння) дещо коригувалася біостимуляторами росту. У варіантах обробки рослин біостимуляторами «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим» відзначено зменшення стресу у лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita*, що продовжило тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин, сприяло підвищенню врожайності та поліпшенню якісних показників лікарської сировини.

У серпні переважала суха та спекотна погода. Середньомісячна температура повітря була вищою середньої багаторічної в обидвох агроекологічних зонах, що зумовлювало оксидативний стрес у клітинах рослин та відповідно прискорювало процеси їх дозрівання і старіння.

Кількість опадів у липні в обидвох зонах загалом була майже вдвічі меншою за середню багаторічну: у Західному Лісостепу вона становила 47,4 мм при середній багаторічній 85 мм, у Передкарпатті – 63,7 мм при середній багаторічній 119 мм. Посушливим виявився і серпень для зони Західного Лісостепу – кількість опадів становила 32,8 мм (51 % норми), що на 30,9 мм менше порівняно із середньою багаторічною. Натомість у зоні Передкарпаття випало за місяць 172,1 мм опадів (156 % норми), що більше від середніх багаторічних показників на 62,1 мм. Найбільша кількість опадів у вигляді проливних дощів випала у першій та другій декадах липня, що частково вплинуло на збір урожаю та деякі якісні показники.

Менш сприятливішими порівняно з 2015 і 2016 р. для продуктивності лікарських рослин виявилися агрометеорологічні умови 2017 р.

Кліматичні умови обидвох зон значно відрізнялися від середніх багаторічних, особливо це спостерігалось у період проведення посівів лікарських рослин та у міжфазний період (сходи – бутонізація).

Зокрема, погодні умови у першій та другій декадах квітня не дали можливості провести сівбу лікарських рослин в оптимальні строки. Протягом першої половини квітня була дощова та прохолодна погода. У другій декаді квітня мінімальна температура повітря знижувалася до  $-2 - -4$  °С. Сівба лікарських культур в обидвох агроекологічних зонах була проведена на початку третьої декади квітня.

Травень також характеризувався складними погодними умовами. Прохолодна погода з частими зливами у другій та третій декаді значно вплинула на появу сходів та ріст і розвиток досліджуваних рослин у період сходи – бутонізація. Середня температура повітря у Західному Лісостепу становила  $13,7$  °С при середній багаторічній  $14,3$  °С, а місячна кількість опадів –  $80,5$  мм, що на  $14$  мм більше середньої багаторічної та на  $7,2$  мм менше, ніж у зоні Передкарпаття. Протягом травня спостерігалось різке коливання температури повітря. Зокрема, у Західному Лісостепу максимальна температура повітря за означений період підвищувалася до  $25,1$  °С, мінімальна – знижувалася до  $-1,2$  °С, а в умовах Передкарпаття – до  $25,7$  °С та  $0,5$  °С відповідно, що негативно впливало на рівномірність появи сходів лікарських рослин та утворення бутонів на рослинах.

У червні – липні в обидвох ґрунтово-кліматичних зонах спостерігали суху та теплу погоду. Середньомісячна температура повітря у червні у Західному Лісостепу була вищою від середньої багаторічної на  $1,5$  °С, а у липні – у межах норми, проте місячна кількість опадів у червні становила  $31,4$  мм, а це лише  $38$  % від норми, у липні опадів випало  $74,5$  мм ( $88$  % норми –  $85,0$  мм). Середньомісячна температура повітря у ці місяці для зони Передкарпаття була вищою від середньої багаторічної на  $0,8$  °С та  $1,6$  °С відповідно, а кількість опадів у червні становила  $62,9$  мм ( $53$  % від норми), а у липні –  $92,5$  мм ( $84$  % від норми).

У першій декаді червня та першій і другій декаді липня спостерігалось коливання температури в широкому діапазоні. Зокрема, максимальна температура повітря у Західному Лісостепу підвищувалася до  $29,8-30,8$  °С, а мінімальна



знижувалася до 6,5–6,9 °С, а в умовах Передкарпаття температурний діапазон був у межах від 30,5–33,4 °С до 5,2–7,2 °С.

У серпні також переважала дуже суха та спекотна погода. Середньомісячна температура повітря в обидвох екологічних зонах була вищою від середньої багаторічної норми, а місячна кількість опадів у Західному Лісостепу становила 40,8 мм (при нормі 67 мм) та 42,5 мм (при середній багаторічній 92 мм) – у зоні Передкарпаття, що зумовлювало прискорення процесів цвітіння та старіння рослин.

Отже, метеорологічні умови 2015–2017 рр. впливали на ріст і розвиток лікарських рослин і морфо-біохімічні показники рослин *C. officinalis* та *M. recutita*. Проте у рослин, культивованих за внесення біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим» спостерігалось зменшення абіотичного стресу, що позитивно впливало на формування врожайності та якісної лікарської сировини.

Організм рослин по-різному реагує на вплив факторів навколишнього середовища. Відомо, що корені особливо чутливі до процесів аерації орного шару, зміни температури, механічного опору часток ґрунту, вмісту вологи, засоленості ґрунтів, зміни концентрації іонів хімічних сполук, що перебувають у ґрунтовому розчині. Проте дія чинників середовища на надземні частини рослин передовсім пов'язана із процесами фотосинтезу. Тому одними із вирішальних факторів виступають коливання температури, спектральний склад та інтенсивність потоку світла, тривалість фотоперіоду, відносна вологість повітря, а також кількість й інтенсивність опадів тощо [246].

Науковці вважають, що дефіцит вологи – це найпоширеніший абіотичний стресор, що впливає на життєдіяльність рослин, зокрема процеси росту та розвитку, метаболізму [242; 253; 254]. Під час тривалої посухи у клітинах рослин відбуваються процеси дегідратації, внаслідок яких підвищується синтез абсцизової кислоти [243]. Відомо, що цей фітогормон здійснює регуляцію закриття продихів та експресії генів, які забезпечують посухостійкість рослин [256]. Також абсцизова кислота інгібує формування суцвіть [255].

У зв'язку з глобальними змінами клімату, при яких спостерігається тенденція до зростання температурного режиму, багато досліджень проводиться у напрямі з'ясування впливу температурного фактора на рослини, а також механізмів їхньої адаптації до температурного шоку [250]. Від температури середовища залежать процеси фотосинтезу. Максимальна інтенсивність процесу синтезу органічних речовин у листках рослин із фотосинтезом шляху  $C_3$  відбувається при температурі 19–24 °С. За умов підвищення цих показників у рослин виникає температурна депресія фотосинтезу, а високі температури (понад 30 °С) викликають у них індукований температурний стрес, внаслідок якого у більшості рослин фотосинтез майже не відбувається, а також практично припиняється продуктивність [246].

Потреба у підвищенні стресостійкості рослин до абіотичних чинників забезпечується застосуванням безпечних для них регуляторів росту під час культивування. Зокрема, науковці [240; 241] встановили, що внесення регуляторів росту рослин «Емістим С» та «Медакс Топ» сприяє підвищенню стійкості рослин до дії високих температур, холоду, посухи та засолення ґрунтів, а також збільшенню продуктивності багаторічних трав за різних погодних умов вирощування.

### **3.3. Зональні особливості технології культивування рослин *Calendula officinalis* сорту Польова красуня**

Лікарські рослини *C. officinalis* сорту Польова красуня культивували у двох зонах – у польовій сівозміні на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах зони Західного Лісостепу України (дослідна ділянка Навчально-науково-дослідного центру Львівського національного аграрного університету) та на дерново-підзолистих ґрунтах зони Передкарпаття (навчально-дослідна ділянка Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка).

*C. officinalis* розміщували після зернових культур. Після збору попередника і зачистки площ від пожнивних решток проводили лущення стерні на глибину 8–

12 см дисковими боронами БДТ–3,0. За три тижні до оранки вносили гербіцид раундап у нормі 3–4 л/га з метою знищення багаторічних бур'янів.

Оранку проводили в першій декаді жовтня на глибину 20–22 см. Навесні проводили вирівнювання ґрунту, передпосівну культивуацію (на глибину 6–8 см) і передпосівне коткування ґрунту перед посівом лікарських рослин.

Сівбу проводили відповідно до схеми досліду. Насіння висівали ручною сівалкою з дисковим сошником овочевої сівалки типу СО–4,2. Сіяли рослини рядковим способом з міжряддям 60 см, глибина загортання насіння *C. officinalis* – 1,5–2 см, норма висіву – 10 кг/га, що становила приблизно 12–15 рослин на погонний метр.

Строки сівби рослин *C. officinalis* впливають не лише на особливості росту, розвитку і морфо-біологічну структуру рослин, але і суттєво змінюють її індивідуальну продуктивність та урожайність. Строки сівби є одним із основних факторів підвищення урожайності рослин та якості ЛРС, про що свідчать результати досліджень із нагідками [98], сівбу яких необхідно проводити в ранній строк [48; 98]. За результатами власних досліджень з'ясовано, що на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах Західного Лісостепу доцільно сіяти рослини при температурі 7–8 °С на глибині залягання насіння, а на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття – при температурі 6–7 °С.

Погодні умови є одним із найважливіших чинників, що визначають строки сівби рослин. Тому під час проведення досліджень строки сівби *C. officinalis* дещо відрізнялися як за роками, так і ґрунтово-кліматичними зонами.

У квітні 2015 р. спостерігалася прохолодна погода. На дослідних полях у першій декаді квітня ще лежав сніг завглибшки 4–9 см, що не дало можливості в оптимальні строки провести посів *C. officinalis*. Сівба лікарських рослин була проведена тільки в кінці другої декади квітня (16 квітня в умовах Західного Лісостепу та 18 квітня – у зоні Передкарпаття). Кількість опадів значно вплинула на появу сходів. Початок сходів рослин *C. officinalis* фіксували на 14–15 день після сівби. Повні сходи з'явилися у першій декаді травня. Першу обробку

біостимуляторами росту на посівах *C. officinalis* у Західному Ліссостепу провели 4, а у зоні Передкарпаття – 6 травня. Обробку посівів біостимуляторами проводили відповідно до схеми дослідів.

Догляд за посівами рослин полягав у розпушенні міжрядь і знищенні бур'янів. За період вегетації проведено три міжрядні обробітки і прополювання рослин.

Травень також відзначився складними погодними умовами. Прохолодна погода з частими проливними дощами у першій та третій декаді значно вплинула на початковий ріст і розвиток досліджуваних рослин та міжфазний період (сходи – бутонізація), особливо це спостерігалось у зоні Передкарпаття. Міжфазний період (сходи – бутонізація) тривав 33–37 діб у Західному Ліссостепу та 35–39 діб – у зоні Передкарпаття.

Другу обробку біостимуляторами росту на посівах *C. officinalis* у Західному Ліссостепу провели 6, а у зоні Передкарпаття – 10 червня.

Тривалість періоду росту і розвитку рослин *C. officinalis* від сходів до фази цвітіння залежала як від кліматичних факторів (кількості опадів, суми активних температур), так і від дії біостимуляторів росту. У зоні Західного Ліссостепу період (сходи – кінець цвітіння) тривав 94–112 діб, а у зоні Передкарпаття – 91–106 діб. Тривалість фази цвітіння *C. officinalis* була найдовшою при застосуванні біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» і становила відповідно 61–75 діб у Західному Ліссостепу, або на 8–14 діб більше порівняно з контролем (без внесення біостимуляторів) та 55–67 діб у зоні Передкарпаття, що на 8–12 діб більше порівняно з контролем.

Сприятливими були погодні умови у квітні 2016 р. як у зоні Західного Ліссостепу, так і в умовах Передкарпаття, що дало змогу провести сівбу *C. officinalis* в оптимальні строки в обидвох екологічних зонах у першій декаді квітня.

Сівба *C. officinalis* була проведена 5 у Західному Ліссостепу та 8 квітня у зоні Передкарпаття. Метеорологічні умови були сприятливими і для появи дружних сходів рослин *C. officinalis*. Насіння почало сходити на 12–14 день після сівби.

Повні сходи з'явилися у третій декаді квітня. Першу обробку біостимуляторами росту на посівах рослин *C. officinalis* у Західному Лісостепу провели 21 квітня, а у зоні Передкарпаття – 25 квітня.

Сприятливими були погодні умови Західного Лісостепу та Передкарпаття у травні і червні, у період бутонізації та цвітіння рослин *C. officinalis*.

Міжфазний період (сходи – бутонізація) тривав 30–33 діб у Західному Лісостепу та 32–35 діб у зоні Передкарпаття.

Другу обробку біостимуляторами росту на посівах *C. officinalis* у Західному Лісостепу провели 25 травня та у зоні Передкарпаття – 28.

Період (сходи – кінець цвітіння) у Західному Лісостепу тривав 101–122 доби, а у зоні Передкарпаття – 98–114 діб. Тривалість фази цвітіння *C. officinalis* була найдовшою при застосуванні біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс», що становила 71–87 діб у Західному Лісостепу, або на 10–16 діб триваліше порівняно з контролем та 66–79 доби у зоні Передкарпаття, що на 8–13 діб довше порівняно з контролем.

Метеорологічні умови 2017 р. як у Західному Лісостепу, так і в зоні Передкарпаття також значно відрізнялися від середніх багаторічних, особливо це спостерігалось у період проведення посівів лікарських рослин та у міжфазний період (сходи – бутонізація).

Погодні умови у першій та другій декадах квітня 2017 р. не дали можливості провести сівбу лікарських рослин в оптимальні строки. Протягом першої половини місяця спостерігалася дощова та прохолодна погода. У другій декаді мінімальна температура повітря знижувалася до  $-2^{\circ}\text{C}$  –  $-4^{\circ}\text{C}$ . Сівба лікарських культур була проведена на початку третьої декади квітня в обидвох екологічних зонах.

Посів рослин *C. officinalis* здійснювали 21 квітня у Західному Лісостепу та 24 – у зоні Передкарпаття. Насіння *C. officinalis* почало сходити на 13 – 14 день після сівби. Повні сходи з'явилися у першій декаді травня. Першу обробку біостимуляторами росту на посівах *C. officinalis* у Західному Лісостепу провели 8 травня та у зоні Передкарпаття – 11.

Травень характеризувався складними погодними умовами. Прохолодна погода з частими проливними дощами у другій та третій декаді травня значно вплинула на початковий ріст і розвиток досліджуваних рослин та міжфазний період (сходи – бутонізація), особливо це спостерігалось у зоні Передкарпаття. Міжфазний період (сходи – бутонізація) тривав 30–33 доби у Західному Лісостепу та 33–36 – у зоні Передкарпаття.

Другу обробку біостимуляторами росту на посівах рослин *C. officinalis* у Західному Лісостепу провели 12 червня та у зоні Передкарпаття – 15.

Міжфазний період (сходи – цвітіння) у Західному Лісостепу тривав 90–106 діб, а у зоні Передкарпаття – 87–102. Тривалість фази цвітіння *C. officinalis* була найдовшою при застосуванні біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс», що становила 58–73 доби у Західному Лісостепу та 57–66 – у зоні Передкарпаття.

Збирання суцвіть проводили, коли на рослині фіксували розкриття не менше половини язичкових (крайових) квіток. Збір проводили періодично, у міру розпускання нових суцвіть – через 5–7 днів. За сезон збір проводили 10–12 разів.

Суцвіття *C. officinalis* висушували у затінених, добре провітрюваних приміщеннях.

#### **3.4. Зональні особливості технології культивування рослин *Matricaria recutita* сорту Перлина Лісостепу**

Лікарські рослини *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу культивували у двох різних агроекологічних зонах – на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах зони Західного Лісостепу України (на дослідній ділянці Навчально-науково-дослідного центру ЛНАУ) та дерново-підзолистих ґрунтах зони Передкарпаття (на навчально-дослідній ділянці ДДПУ імені Івана Франка).

Науковцями [114] встановлено, що одним із кращих попередників для рослин *M. recutita* є зернові культури, тому їх розміщували після ярих зернових

культур. Після збирання попередника проводили лущення стерні дисковими знаряддями на глибину 8–12 см. За три тижні до оранки вносили гербіцид раундап у нормі 3 л/га для знищення багаторічних бур'янів.

У першій декаді жовтня проводили неглибоку оранку (20–22 см). Навесні ґрунт під *M. recutita* обробляли так само, як і під рослини *C. officinalis*: на початку проводили вирівнювання ґрунту, тоді передпосівну культивуацію (на глибину 6 – 8 см) і передпосівне коткування. Мінеральні добрива (N45 P45 K 45) вносили під передпосівну культивуацію.

На думку більшості вітчизняних вчених [7; 48; 114], лікарські рослини *M. recutita* краще висівати разом із групою найбільш ранніх ярих культур, що забезпечує найбільш сприятливі умови для проростання насіння, створює добрі умови для росту, розвитку і формування високопродуктивних посівів.

Результати досліджень, проведені в різних екологічних зонах, засвідчують, що норми, строки та способи сівби значно впливають на формування врожаю лікарської сировини і її якість [7; 62].

У наших дослідженнях лікарські рослини *M. recutita* сіяли широкорядним способом з відстанню між рядками 45 см. Глибина загортання насіння – 0,5 см, норма висіву насіння – 3 кг/га.

Насіння висівали ручною сівалкою з дисковим сошником овочевої сівалки типу СО–4,2.

Під час проведення досліджень з культивування рослин *M. recutita* метеорологічні умови 2015–2017 рр. дещо відрізнялися від середніх багаторічних як у період сівби, так і під час вегетації рослин.

Слід зауважити, що перша декада квітня 2015 р. була прохолодною та мокрою. Сівбу лікарських рослин *M. recutita* проводили в другій декаді місяця (13 квітня в умовах Західного Лісостепу та 15 – у зоні Передкарпаття).

Погодні умови вплинули також і на появу сходів. Перші сходи рослин *M. recutita* з'явилися на 10–12 день після сівби, а повні – у кінці третьої декади квітня. Першу обробку біостимуляторами росту на посівах рослин *M. recutita* у Західному Лісостепу провели 27 квітня та у зоні Передкарпаття – 29.

Догляд за посівами рослин полягав у розпушуванні міжрядь і знищенні бур'янів. За період вегетації, до змикання рядків, проведено щорічно по три міжрядні обробітки посівів.

Прохолодна погода у травні з частими проливними дощами значно вплинула на ріст і розвиток досліджуваних рослин *M. recutita* та міжфазний період (сходи – бутонізація), особливо це спостерігалось у зоні Передкарпаття. Міжфазний період (сходи – бутонізація) у лікарських рослин *M. recutita* тривав 42–45 діб у Західному Лісостепу та 44–48 діб – у зоні Передкарпаття.

Другу обробку біостимуляторами росту на посівах *M. recutita* у Західному Лісостепу провели 15 червня, а у зоні Передкарпаття – 17.

На тривалість періоду росту і розвитку рослин від фази сходів до фази цвітіння, крім кліматичних факторів (кількості опадів та суми активних температур), значно впливали і біостимулятори росту. У зоні Західного Лісостепу період (сходи – цвітіння) тривав 81–94 доби, а у зоні Передкарпаття – 82–96. Тривалість фази цвітіння *M. recutita* виявилася найдовша при застосуванні біостимуляторів росту «Вермимаг» і «Вермийодіс», що становила відповідно 39–51 добу у Західному Лісостепу, або на 8–12 діб більше порівняно з контролем, та 37–48 діб у зоні Передкарпаття, що на 7–11 діб більше порівняно з контролем.

Погодні умови у квітні 2016 р. були сприятливими як у Західному Лісостепу, так і в Передкарпатті, що дало змогу провести сівбу лікарських рослин *M. recutita* в обидвох екологічних зонах у першій декаді квітня.

Сівба рослин *M. recutita* була проведена 4 квітня у Західному Лісостепу та 6 – у зоні Передкарпаття. Погодні умови цього місяця були сприятливими і для появи дружних сходів рослин *M. recutita*. Насіння почало сходити на 8–10 день після сівби. Повні сходи з'явилися у кінці другої декади квітня. Першу обробку біостимуляторами росту на посівах лікарських рослин *M. recutita* у Західному Лісостепу провели 18 квітня, а у зоні Передкарпаття – 20.

Погодні умови у травні, у період формування розетки листків та бутонізації рослин *M. recutita*, також були сприятливими для двох екологічних зон.



Міжфазний період (сходи – бутонізація) тривав 36–40 діб у Західному Лісостепу та 38–43 – у зоні Передкарпаття.

Другу обробку біостимуляторами росту на посівах *M. recutita* у Західному Лісостепу та зоні Передкарпаття провели відповідно 4 та 6 червня.

Вегетаційний період (сходи – цвітіння) у Західному Лісостепу тривав 85–103 доби, а у зоні Передкарпаття – 82–99. Тривалість фази цвітіння *M. recutita* виявилася найдовшою при застосуванні біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс», що становило 49–63 доби у Західному Лісостепу, або на 10–14 діб триваліше порівняно з контролем, та 44–56 діб у зоні Передкарпаття, що на 9–12 діб довше порівняно з контролем.

Погодні умови 2017 р. також значно відрізнялися від середніх багаторічних, і це спостерігалось як у період сівби, так і під час вегетації рослин.

Протягом першої половини квітня стояла дощова та прохолодна погода. У другій декаді місяця мінімальна температура повітря знижувалася до -2 – -4 °С). Сівба лікарських культур в обидвох екологічних зонах була проведена на початку третьої декади квітня.

Посів лікарських рослин *M. recutita* у Західному Лісостепу та Передкарпатті провели відповідно 20 та 22 квітня. Насіння рослин *M. recutita* почало сходити на 11–12 добу після сівби, а повні сходи з'явилися у першій декаді травня. Першу обробку біостимуляторами росту на посівах *M. recutita* у зоні Західного Лісостепу і Передкарпаття провели відповідно 4 та 6 травня.

Прохолодна погода з частими проливними дощами у другій та третій декаді травня значно вплинула на ріст і розвиток рослин *M. recutita* та міжфазний період (сходи – бутонізація), особливо це спостерігалось у зоні Передкарпаття України. Міжфазний період (сходи – бутонізація) тривав 44–47 діб у Західному Лісостепу та 45–49 – у зоні Передкарпаття.

Другу обробку біостимуляторами росту на посівах лікарських рослин *M. recutita* у Західному Лісостепу і Передкарпатті провели відповідно 17 та 19 червня.

Вегетаційний період (сходи – цвітіння) рослин *M. recutita* у Західному Лісостепу тривав 79–93 доби, а у зоні Передкарпаття – 77–89. Тривалість фази цвітіння *M. recutita* виявилася найдовшою при застосуванні біостимуляторів росту «Вермимаг» і «Вермийодіс», що становила 35–46 діб у Західному Лісостепу та 32–40 – у зоні Передкарпаття.

До першого збирання суцвіть приступали на початку цвітіння, коли у 70 % з них білі крайові язичкові квітки були у горизонтальному положенні. Збір проводили періодично, у міру розпускання нових суцвіть. За сезон збір проводили 5–8 разів.

Суцвіття рослин *M. recutita* висушували у затінених, добре провітрюваних приміщеннях.

### Висновок до розділу 3

Агроекологічні умови зони Західного Лісостепу і Передкарпаття сприятливі для культивування лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita*.

Темно-сірі опідзолені легкосуглинкові ґрунти Західного Лісостепу характеризуються вищим потенціалом родючості ґрунту та сприятливішими агрохімічними властивостями в порівнянні із дерново-підзолистими поверхнево-оглеєними ґрунтами Передкарпаття. Зокрема, у них встановлено вищий вміст гумусу, виявлено вищий ступінь забезпечення азотом, фосфором, кальцієм і магнієм.

Кліматичні умови під час проведення дослідження (2015–2017 рр.) відрізнялися від середніх багаторічних, зокрема, характеризувалися недостатністю опадів, різкими змінами температурного режиму. Найбільш сприятливими під час вегетації рослин були погодні умови 2016 р.

Сівбу лікарських рослин *C. officinalis* та *Matricaria recutita* рекомендовано проводити навесні при температурі 7–8 °С на глибині залягання насіння на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах Західного Лісостепу та при температурі 6–7 °С на глибині залягання насіння на дерново-підзолистих

поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття із застосуванням біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим».

### Список використаних джерел до розділу 3

240. Антипова Л. К. Урожайність сіна сортів люцерни залежно від погодніх умов та рістрегулюючого препарату Емістим С. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип.1. С.43–49.

241. Антонів С. Ф., Колісник С. І., Коновальчук В. В., Запрута О. А., Ключанюк А. В. Вплив регулятора росту рослин Медакс Топ на насінневу продуктивність стоколосу безостого. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 85. С. 41–48.

242. Бабенко Л. М. Вплив водного режиму на ультраструктурну будову клітин зародкової осі насіння *Phaseolus vulgaris* L. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2015. Вип. 3 (36). С. 20–28.

243. Войтенко Л. В., Косаківська І. В. Поліфункціональний фітогормон абсцизова кислота. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія*. 2016. Вип. 1 (37). С. 27–41.

244. Гринь Г. С., Крупський М. К. Принципи агроґрунтового районування Української РСР. Агрохімія і ґрунтознавство. Київ : Урожай. 1969. Вип. 12. С. 3–26.

245. Ґрунти Львівської області: колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 424 с.

246. Іващенко О. О., Іващенко О. О. Проблеми стресів у рослин і способи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*, 2019. № 7 (796). С. 27–35.

247. Карти України. Агроґрунтове районування України. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-2.html>.

248. Карти України. Ґрунти України. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/soil-1-950.html>.

249. Карти України. Фізико-географічне районування України. URL: <http://geomap.land.kiev.ua/zoning-1.html>

250. Козеко Л. Є., Артеменко О. А., Заславський В. А., Дідух А. Я., Рахметов Д. Б., Мартинюк Г. М., Дідух Я. П., Кордюм Є. Л. Оцінка стану рослин за дії несприятливих змін екологічних факторів із використанням білка теплового шоку 70 кДа (Hsp70). *Укр. ботан. журн.* 2011. Т. 68, № 6. С. 890–900.

251. Скорина С. О. Агрогрунтові райони Лісостепу правобережного та західного. Агрохімія і ґрунтознавство. Агрогрунтове районування України. Київ : Урожай, 1969. Вип. 12. С. 91–108.

252. Україна. Екологічна ситуація / Забруднення природного середовища. 1:12 000 000 / Ін-т географії НАН України ; Укргеодезкартографія ; авт.: В. А. Барановський та ін. 1:2 000 000. Київ : Укргеодезкартографія, 1996. 4к. (1 арк).

253. Bray E. A. Abscisic acid regulation of gene expression during water-deficit stress in the era of the Arabidopsis genome. *Plant Cell Environ.* 2002. Vol. 25. P. 153-161.

254. Ingram J., Bartels D. The Molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 1996. Vol. 47. P. 377–440.

255. Milborrow B. V. The chemistry and physiology of abscisic acid. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1974. Vol. 25. P. 259–307.

256. Rock C. D., Sakata Y., Quatrano R. S. Stress signaling I: the role of abscisic acid (ABA) *Abiotic Stress Adaptation in Plants* / Eds. A. Pareek, S. A. Sopory, H. J. Bohner. Dordrecht: Springer, 2010. P. 33–73.

257. Температура повітря і опади за даними метеоспостережень Метеостанції м. Львів. URL: <https://meteopost.com/weather/climate/>.

## Розділ 4

# ЗАЛЕЖНІСТЬ ВРОЖАЙНОСТІ ФІТОМАСИ ТА ВМІСТУ БІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН У ЛІКАРСЬКІЙ РОСЛИННІЙ СИРОВИНІ ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР НА ЗАХОДІ УКРАЇНИ

### 4.1. Вплив біостимуляторів росту на культивування рослин *Calendula officinalis* за різних агроекологічних умов

Особливе значення для підвищення врожайності та одержання якісної сировини сільськогосподарських культур, у тому числі і лікарських рослин до різних стресових чинників має застосування регуляторів росту, які в малих концентраціях істотно впливають на ріст і розвиток рослин [3; 28; 29; 43; 54].

Дослідниками [41; 64; 117; 133] встановлено, що культурні рослини піддаються численним стресам, які суттєво впливають на їх продуктивність. До найбільш поширених стресогенних факторів належать: екстремальні температури (як низькі, так і високі), нестача вологи (посуха), надлишок води в ґрунті, надмірне засолення ґрунтів, вплив фітопатогенів (бактерій та грибів), вплив іонів важких металів тощо [33; 34; 56; 63; 68; 96].

Здебільшого реакцією рослин на стресові чинники є пригнічення росту і розвитку, зміна кольору листя, опадання квіток. Внаслідок стресу рослини недоотримують необхідне живлення, а тому не формують той урожай, на який здатні.

Одним зі шляхів подолання впливу стресових чинників та посилення адаптивної здатності рослин до їх тимчасової дії є застосування біостимуляторів росту рослин. До їх складу входить комплекс біологічно поживних речовин в розчиненому і активному стані: гумати, фульвокислоти, амінокислоти, вітаміни, природні фітогормони, рістрегулювальні речовини, мікро- і макроелементи тощо.

Механізм дії біостимуляторів полягає у розблокуванні ензиматичних процесів, які були зупинені стресовим чинником, та за рахунок вмісту

амінокислот і фітогормонів, що стимулюють ріст рослин, активують живлення рослин, ініціюють біохімічні процеси у них.

Результати досліджень, проведених протягом 2015–2017 рр., засвідчили, що біостимулятори росту рослин «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим», які вносили по 5 л/га в два етапи: перший – у фазі сходів, другий – у фазі бутонізації, сприяють зростанню морфометричних показників рослин *C. officinalis* як в умовах Західного Лісостепу України, так і в зоні Передкарпаття України [271; 274].

Під дією біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим», висота рослин *C. officinalis* у середньому за 2015–2017 рр. підвищується в умовах Західного Лісостепу від 70,6 до 75,6 см або на 10,1–17,9 % порівняно з контролем (64,1 см), а в умовах Передкарпаття – від 64,7 до 68,2 см або на 9,3–15,2 % вище щодо контролю (59,2 см). Найбільша висота пагона рослин порівняно з контролем відзначена за дії «Вермимагу».

При дослідженні впливу біостимуляторів росту на формування кількості квіток на рослині та діаметра квіткових кошиків встановлено, що всі біостимулятори сприятливо впливають на цей процес. Найвищими ці показники виявлені при застосуванні біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс».

У середньому за три роки досліджень в умовах Західного Лісостепу кількість квіток на одній рослині становить 15,0–16,7 од., що на 20,8–25,6 % більше порівняно з контролем. Діаметр квіткових кошиків при застосуванні біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» також збільшується на 17,0–23,4 % порівняно з контролем.

Дещо нижчі ці показники в умовах Передкарпаття.

Найбільша кількість квіткових кошиків на одній рослині – 14,7 од. із середнім діаметром 5,5 см встановлена при внесенні біостимулятора «Вермимаг», що відповідно на 30,1% і 22,2 % більше, ніж у контролі. У контрольному варіанті кількість квіток на рослині найменша – 11,3 од. із середнім діаметром квіткового кошика 4,5 см (табл. 4.1).

Під дією біостимуляторів росту рослин продовжується період фази цвітіння, а відповідно на пагонах утворюється більше квіток.

В. Хоміна та У. Недільська вважають [280], що основним критерієм оцінки усіх без винятку агротехнічних заходів не залежно від виду сировини є урожайність. Цей показник акумулює зовнішні умови середовища, які впливають на життєдіяльність рослин під час вегетації. Застосування стимулятора «Івін» сприяє зростанню врожайності рослин *C. officinalis* сорту Нагідка [280].

Результати наших досліджень також показали, що врожайність лікарської сировини *C. officinalis* сорту Польова красуня залежить від впливу біостимуляторів росту рослин, а також агроекологічних умов їх культивування (табл.4.2). Найвища врожайність встановлена у варіанті за внесення біостимулятора росту «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу, що в середньому за три роки досліджень становить 11,1 ц/га, тобто на 20,7 % вища порівняно з контролем (9,2 ц/га). Рослини, вирощені за внесення «Вермийодісу» і «Вермистиму», також характеризуються вищою врожайністю порівняно з контролем.

Аналогічний вплив біостимуляторів росту на врожайність рослин *C. officinalis* спостерігали і в умовах Передкарпаття. Максимальний приріст врожайності лікарської сировини *C. officinalis* встановлено за внесення біостимулятора росту «Вермимаг», що в середньому за три роки досліджень становить 10,2 ц/га, тобто на 24,4 % вища порівняно з контролем (8,2 ц/га). Біостимулятори «Вермийодіс» і «Вермистим» також істотно впливають на врожайність квіток *C. officinalis*. Врожайність суцвіть рослин за внесення «Вермийодісу» зростає на 17,1 % порівняно з контролем, а за «Вермистиму» – на 13,4 %. Рослини *C. officinalis*, культивовані в агроекологічних умовах Західного Лісостепу, характеризуються вищою врожайністю порівняно з рослинами, культивованими в умовах Передкарпаття.

Істотною була залежність морфометричних показників та урожайності лікарської сировини *C. officinalis* від погодних умов у роки проведення досліджень. Найвищі показники отримані у 2016 р., який характеризується достатньою насиченістю опадами та меншим проявом стресу, що виникає у результаті посухи та високої температури під час вегетації рослин.

Таблиця 4.1

Вплив біостимуляторів на морфометричні показники рослин *Calendula officinalis*  
за різних агроекологічних умов культивування протягом 2015–2017 рр.

Грунтово-кліматична зона	Назва варіанта	Морфометричні показники														
		Висота рослини, см					Кількість кошиків на одній рослині, од.					Діаметр кошика, см				
		Роки			Середнє	± до конт-ролю, %	Роки			Середнє	± до конт-ролю, %	Роки			Середнє	± до конт-ролю, %
		2015	2016	2017			2015	2016	2017			2015	2016	2017		
Західного Лісостепу	Контроль	63,5	69,3	59,4	<b>64,1</b>	-	12	17	11	<b>13,3</b>	-	4,4	5,6	4,1	<b>4,7</b>	-
	«Вермимаг»	75,4	79,9	71,6	<b>75,6</b>	<b>17,9</b>	16	20	14	<b>16,7</b>	<b>25,6</b>	6,1	6,3	5,1	<b>5,8</b>	<b>23,4</b>
	«Вермийодіс»	71,4	79,2	66,1	<b>72,2</b>	<b>13,7</b>	15	20	13	<b>16,0</b>	<b>20,8</b>	5,2	6,3	5,0	<b>5,5</b>	<b>17,0</b>
	«Вермистим»	68,1	77,8	65,9	<b>70,6</b>	<b>10,1</b>	14	19	12	<b>15,0</b>	<b>12,8</b>	4,9	6,1	4,8	<b>5,3</b>	<b>12,8</b>
Передкарпаття	Контроль	55,1	67,8	54,6	<b>59,2</b>	-	10	14	10	<b>11,3</b>	-	4,1	5,3	4,0	<b>4,5</b>	-
	«Вермимаг»	62,6	79,4	62,5	<b>68,2</b>	<b>15,2</b>	14	18	12	<b>14,7</b>	<b>30,1</b>	5,6	6,0	4,9	<b>5,5</b>	<b>22,2</b>
	«Вермийодіс»	60,6	78,8	59,4	<b>66,3</b>	<b>12,0</b>	13	18	11	<b>14,0</b>	<b>23,9</b>	5,0	5,9	4,9	<b>5,3</b>	<b>17,8</b>
	«Вермистим»	59,3	76,7	58,2	<b>64,7</b>	<b>9,3</b>	12	17	11	<b>13,3</b>	<b>17,7</b>	4,6	5,8	4,5	<b>5,0</b>	<b>11,1</b>
НІР <sub>05</sub> А		1,01	0,74	0,37			0,91	0,68	0,50			0,35	0,30	0,09		
НІР <sub>05</sub> В		1,44	1,04	0,52			1,28	0,97	0,70			0,48	0,43	0,14		
НІР <sub>05</sub> АВ		2,04	1,47	0,74			1,81	1,35	0,99			0,69	0,62	0,18		



Нижча врожайність рослин, отримана у контролі, зумовлюється нижчими морфометричними показниками рослин (кількістю кошиків на одній рослині, їх діаметром), зрідженим стеблостоем на ділянках перед збиранням та ураженістю хворобами.

Таблиця 4.2

Вплив біостимуляторів на врожайність сировини *Calendula officinalis* за різних агроекологічних умов культивування

Ґрунтово-кліматична зона (фактор А)	Варіанти дослідів (фактор В)	Врожайність, ц/га				
		Роки			Середнє за 2015-2017 рр.	± до контролю, %
		2015	2016	2017		
Західний Лісостеп	Контроль	8,6	10,3	8,5	9,2	-
	«Вермимаг»	11,3	11,7	10,4	11,1	20,7
	«Вермийодіс»	10,5	11,3	10,2	10,7	16,3
	«Вермистим»	9,9	11,1	9,8	10,3	12,0
Передкарпаття	Контроль	7,9	9,4	7,3	8,2	-
	«Вермимаг»	10,6	11,0	9,0	10,2	24,4
	«Вермийодіс»	9,7	10,6	8,5	9,6	17,1
	«Вермистим»	8,9	10,3	8,3	9,3	13,4
НІР <sub>05</sub> А		0,31	0,36	0,39		
НІР <sub>05</sub> В		0,49	0,22	0,24		
НІР <sub>05</sub> АВ		0,61	0,68	0,56		

#### 4.2. Вплив біостимуляторів росту на культивування рослин *Matricaria recutita* за різних агроекологічних умов

Застосування біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» під час вирощування рослин *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу

активізує процеси росту, що виявляються зростанням морфометричних показників (табл. 4.3).

Найбільш вираженою є дія біостимуляторів росту рослин «Вермимаг» і «Вермийодіс». Залежно від застосування біостимуляторів росту в умовах Західного Лісостепу висота рослин становить від 59,1 см до 61,0 см, що на 13–16,6 % вище порівняно з контролем, та 54,8–56,1 см в умовах Передкарпаття, що відповідно на 12,5 % і 15,2% вище порівняно з контролем. Найменша висота пагона рослин фіксується у контролі, що становить 52,3 см в агроекологічних умовах Західного Лісостепу та 48,7 см – в умовах Передкарпаття.

Аналіз середньої кількості квіток на рослинах та діаметра квіткових кошиків засвідчив, що ці показники також найвищі за внесення біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс». Найбільша кількість квіток на одній рослині – 28,0 од. із середнім діаметром 2,3 см – встановлена за внесення «Вермимагу» в агроекологічних умовах Західного Лісостепу та 25,0 од. квіток на одній рослині із середнім діаметром 2,1 см – в умовах Передкарпаття. Застосування «Вермистиму» також сприяє підвищенню цих показників.

У контролі кількість квіток на рослині найменша, що становить 23,0 од. із середнім діаметром квіткового кошика 1,9 см в агроекологічних умовах Західного Лісостепу та 21,0 од. квіток на одній рослині із середнім діаметром квіткового кошика 1,8 см в умовах Передкарпаття.

Рослини, вирощені в агроекологічних умовах Західного Лісостепу, мають дещо вищі морфометричні показники порівняно із рослинами, культивованими в умовах Передкарпаття.

Отже, біостимулятори росту рослин впливають на морфометричні показники рослин *C. officinalis* і *M. recutita*. Цей процес впливу можна пояснити тим, що поживні речовини, які входять до складу біостимуляторів, нанесені на поверхню надземної маси, зокрема листя, швидко поглинаються молодими рослинами, проходячи той самий шлях синтезу, що й елементи, які надходять в рослину через кореневу систему, проте це відбувається у 5–8 разів швидше. У зоні

кореневої системи поліпшується розвиток необхідних рослинам еколого-трофічних груп ґрунтових мікроорганізмів, зменшується ураженість рослин хворобами, на 20–25 % підвищується накопичення у рослинах цукрів, збільшуються показники фотосинтетичної діяльності рослин на 12–30 %. А також у рослинах активізуються процеси синтезу специфічних функціональних протеїнів, які значно посилюють їх опірність до стресових умов вирощування, таких як посуха, висока температура тощо.

Урожайність лікарської сировини *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу залежить від впливу як біостимуляторів росту рослин, так і агроекологічних умов культивування (табл.4.4).

Найвища врожайність встановлена у варіанті із внесенням біостимулятора «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу, що в середньому за три роки досліджень становить 8,3 ц/га (на 20,3 % вище порівняно з контролем).

Аналогічний вплив біостимуляторів росту на врожайність *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу спостерігали і в умовах Передкарпаття. Максимальний приріст врожайності лікарської сировини *M. recutita* встановлено за внесення біостимулятора «Вермимаг», що в середньому за три роки досліджень становить 7,6 ц/га, або на 20,6 % вище порівняно з контролем.

Біостимулятори «Вермийодіс» і «Вермистим» також істотно впливають на врожайність квіток *M. recutita*. Приріст врожайності ЛРС *M. recutita* за внесення «Вермийодісу» – на 17,5 % вищий порівняно з контролем, а за внесення «Вермистиму» – на 12,7 %.

Найнижча врожайність встановлена у контролі, що становить 6,3 ц/га.

Агроекологічні умови Західного Лісостепу сприятливіші для культивування рослин *M. recutita*, порівняно з умовами Передкарпаття.

Таблиця 4.3

Вплив біостимуляторів на морфометричні показники рослин *Matricaria recutita*  
за різних агроекологічних умов культивування протягом 2015–2017 рр.

Грунтово-кліматична зона	Назва варіанта	Морфометричні показники														
		Висота рослини, см					Кількість кошиків на одній рослині, од.					Діаметр кошика, см				
		Роки			Середнє	± до конт-ролю, %	Роки			Середнє	± до конт-ролю, %	Роки			Середнє	± до конт-ролю, %
		2015	2016	2017			2015	2016	2017			2015	2016	2017		
Західного Лісостепу	Контроль	51,3	56,2	49,4	<b>52,3</b>	-	22	28	19	<b>23,0</b>	-	1,8	2,1	1,7	<b>1,9</b>	-
	«Вермимаг»	60,5	65,1	57,3	<b>61,0</b>	<b>16,6</b>	26	33	25	<b>28,0</b>	<b>21,7</b>	2,3	2,3	2,2	<b>2,3</b>	<b>21,1</b>
	«Вермийодіс»	57,6	63,2	56,5	<b>59,1</b>	<b>13,0</b>	24	32	23	<b>26,3</b>	<b>14,3</b>	2,2	2,3	2,0	<b>2,2</b>	<b>15,8</b>
	«Вермистим»	56,2	62,7	54,9	<b>57,9</b>	<b>10,7</b>	23	31	21	<b>25,0</b>	<b>8,7</b>	2,1	2,2	1,9	<b>2,1</b>	<b>10,5</b>
Передкарпаття	Контроль	46,9	51,8	47,4	<b>48,7</b>	-	19	26	18	<b>21,0</b>	-	1,7	2,0	1,6	<b>1,8</b>	-
	«Вермимаг»	55,8	59,2	53,3	<b>56,1</b>	<b>15,2</b>	23	30	22	<b>25,0</b>	<b>19,0</b>	2,0	2,4	2,0	<b>2,1</b>	<b>16,7</b>
	«Вермийодіс»	53,4	58,5	52,4	<b>54,8</b>	<b>12,5</b>	22	29	21	<b>24,0</b>	<b>14,3</b>	1,9	2,3	1,9	<b>2,0</b>	<b>11,1</b>
	«Вермистим»	51,6	57,9	51,4	<b>53,6</b>	<b>10,1</b>	22	28	20	<b>23,3</b>	<b>11,0</b>	1,9	2,2	1,8	<b>2,0</b>	<b>11,1</b>
НІР <sub>05</sub> А		0,43	0,35	0,34			0,63	0,57	0,41			0,10	0,06	0,07		
НІР <sub>05</sub> В		0,62	0,49	0,41			0,85	0,80	0,50			0,14	0,09	0,10		
НІР <sub>05</sub> АВ		0,87	0,70	0,68			1,14	1,15	0,96			0,20	0,12	0,14		

Таблиця 4.4

Вплив біостимуляторів на врожайність сировини *Matricaria recutita* за різних агроекологічних умов культивування

Ґрунтово-кліматична зона (фактор А)	Варіанти дослідів (фактор В)	Врожайність, ц/га				
		Роки			Середнє (за 2015-2017 рр.)	± до контролю, %
		2015	2016	2017		
Західний Лісостеп	Контроль	6,6	7,7	6,3	6,9	-
	«Вермимаг»	8,1	8,9	7,8	8,3	20,3
	«Вермийодіс»	7,9	8,7	7,6	8,1	17,4
	«Вермистим»	7,6	8,3	7,2	7,7	11,6
Передкарпаття	Контроль	6,0	7,2	5,8	6,3	-
	«Вермимаг»	7,4	8,5	7,0	7,6	20,6
	«Вермийодіс»	7,1	8,3	6,8	7,4	17,5
	«Вермистим»	6,9	8,0	6,5	7,1	12,7
НІР <sub>05</sub> А		0,29	0,23	0,21		
НІР <sub>05</sub> В		0,26	0,15	0,21		
НІР <sub>05</sub> АВ		0,38	0,31	0,32		

Отже, аналізуючи вплив біостимуляторів росту на культивування рослин *M. recutita* у різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що застосування біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим», які вносили по 5 л/га в два етапи: перший – у фазі сходів, другий – у фазі бутонізації – сприяє зростанню морфометричних показників (висоти, кількості кошиків на одній рослині, діаметра кошика), а також врожайності лікарської сировини порівняно з контролем. Найвищі показники виявлено у рослинах, культивованих за внесення біостимуляторів росту «Вермимаг» і «Вермийодіс».

### 4.3. Вплив біостимуляторів росту на вміст пігментів фотосинтезу у клітинах рослин *C. officinalis* та *Matricaria recutita* залежно від умов культивування

Завдяки здатності до фотосинтезу в організмі рослин акумулюється понад 90 % сухої речовини. Важлива роль належить пігментам хлорофілам та каротиноїдам, які сприяють перебігу фізіолого-біохімічних процесів у рослині [264; 277]. Зокрема, стан фотосинтетичних пігментів вважають ознакою адаптивної стійкості рослини до несприятливих умов середовища [276; 281]. Концентрація пігментів у листках не є сталою, а залежить від багатьох екологічних факторів, зокрема водного, мінерального чи температурного режиму, рівня забруднення довкілля, іонізуючого випромінювання [259; 276] та від фенологічних фаз розвитку рослин [66].

Уважають, що кількість та функціональна активність хлорофілів є показником потенційної здатності рослин формувати врожай [262; 275]. Науковці А. Рожков та В. Пузік [78] з'ясували, що вміст фотосинтетичних пігментів тісно корелює ( $r=0,987$ ) із зерною продуктивністю пшениці твердої ярої колосу головного пагона. Л. Сторожик [97] стверджує, що найвищий рівень інтенсивності фотосинтезу в більшості однорічних рослин фіксується під час цвітіння рослин. За даними Л. Орлової [66], у більшості видів дводольних лучних рослин максимальна кількість хлорофілів синтезується у фазу бутонізації – початок цвітіння. Учені Т. Буйдіна та О. Рожок [13], досліджуючи вміст пігментів фотосинтезу у різних сортах витких троянд, також виявили найвищий їх уміст під час цвітіння рослин.

Враховуючи дані досліджень науковців [13; 66; 75; 78; 97] щодо динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах, а також те, що сировиною лікарських рослин *C. officinalis* і *M. recutita* є суцвіття (квітки), доцільно було визначити вміст пігментів у листках під час цвітіння рослин.

Установлено (рис. 4.1), що рослини *C. officinalis*, культивовані в умовах Передкарпаття, під час цвітіння здатні нагромаджувати хлорофіл у концентрації

від  $1,33 \pm 0,06$  до  $1,56 \pm 0,08$  мг/г маси сирової речовини. Найвищим сумарним вмістом ( $p \leq 0,05$ ) фракцій хлорофілів *a* і *b* (на 17,3% вище порівняно з контролем) характеризуються рослини, вирощені за дії «Вермимагу», а за дії «Вермийодісу» приріст щодо контролю становить 14,3 %.

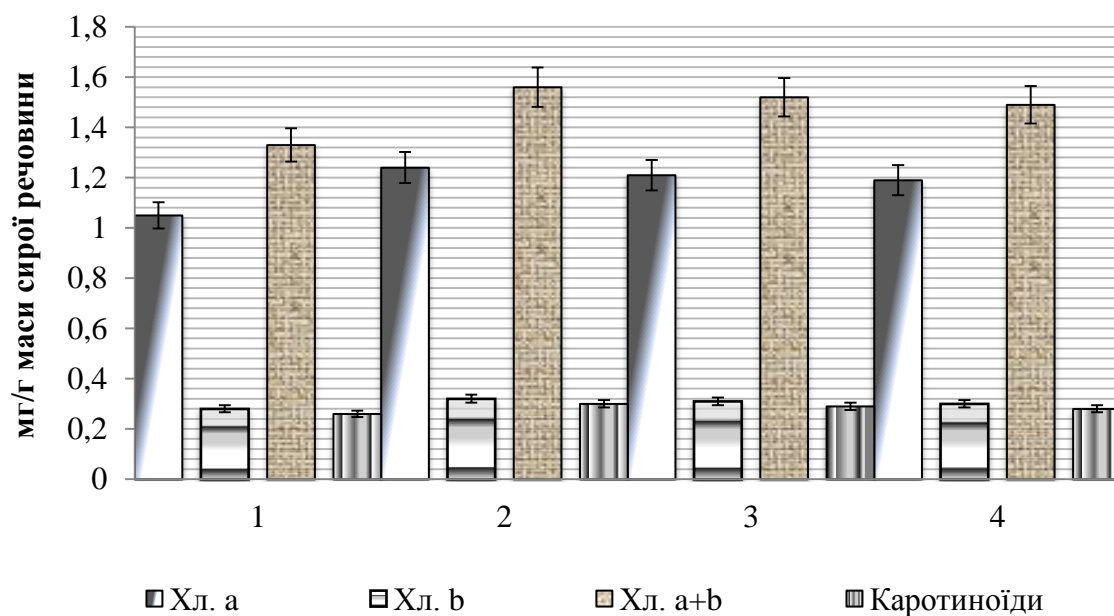


Рис. 4.1. Вміст пігментів у листках рослин *Calendula officinalis*, культивованих в агроекологічних умовах Передкарпаття (середнє за 2015–2017 рр.,  $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Уміст хлорофілу *a* вищий в усіх дослідних варіантах порівняно з контролем ( $1,05 \pm 0,05$  мг/г маси сирової речовини) – на 18,1 % за дії «Вермимагу», на 15,2 % – «Вермийодісу» та на 13,3 % – «Вермистиму» [268; 273]. Спостерігається тенденція до зростання вмісту хлорофілу *b* та каротиноїдів у біомасі рослин, культивованих за внесення біостимуляторів росту (рис. 4.1, табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Вміст та співвідношення пігментів у листках рослин *Calendula officinalis*,  
культивованих в агроекологічних умовах Передкарпаття  
(середнє за 2015–2017 рр.) (M±m)

Назва варіанта	Хлорофіли, мг/г				Кароти- ноїди, мг/г	Хл. $a + b$ каротиноїди
	$a$	$b$	$a+b$	$a/b$		
Контроль	1,05 ±0,05	0,28 ±0,01	1,33 ±0,06	3,8	0,26±0,01	5,1
«Вермимаг»	1,24 ±0,06**	0,32 ±0,03	1,56* ±0,08	3,9	0,30±0,02	5,2
«Вермийодіс»	1,21 ±0,09*	0,31 ±0,03	1,52 ±0,07*	3,9	0,29±0,02	5,2
«Вермистим»	1,19 ±0,08*	0,3 ±0,02	1,49 ±0,07	4,0	0,28±0,01	5,3

Примітка: вірогідність різниці порівняно з контролем \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$

Варто відзначити, що рослини *C. officinalis*, вирощені в умовах Західного Лісостепу, характеризуються достовірно вищим ( $p < 0,05$ ) вмістом суми фракцій хлорофілу  $a$  і  $b$  (рис. 4.2) порівняно із рослинами, вирощеними на Передкарпатті. Вважаємо, що це головню зумовлено впливом екологічного фактора – хімічним складом ґрунту дослідних ділянок у зоні Передкарпаття та Західного Лісостепу. Зокрема, у результаті проведеного хімічного аналізу ґрунту (див. п. 3.2.1) з'ясовано, що у зоні Західного Лісостепу вміст рухомих форм фосфору (за Чириковим) в орному шарі – 132 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення – підвищений), а у Передкарпатті цей показник становить 89 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення – середній). Фосфор належить до ключових елементів мінерального живлення рослин [278; 282; 283; 287], відіграючи надзвичайно важливу роль у метаболізмі рослин, оскільки входить до складу нуклеїнових кислот і нуклеотидів, ліпідів мембран ензимів та проміжних продуктів процесу фотосинтезу і дихання [278].

Для рослин *C. officinalis*, культивованих в умовах Західного Лісостепу, характерним є вміст суми фракцій хлорофілу  $a$  і  $b$  у діапазоні від  $1,55 \pm 0,06$  до



1,80±0,09 мг/г маси сирової речовини (рис. 4.2, табл. 4.6). Достовірно вищий ( $p \leq 0,05$ ) вміст суми фракцій хлорофілу *a* і *b* та вміст хлорофілу *a* порівняно з контролем (1,23±0,05 мг/г маси сирової речовини) встановлено у рослин, вирощених за дії «Вермимагу» та «Вермийодісу». У рослин за внесення «Вермимагу» також спостерігається зростання концентрації хлорофілу *b* на 18,8 % щодо контролю.

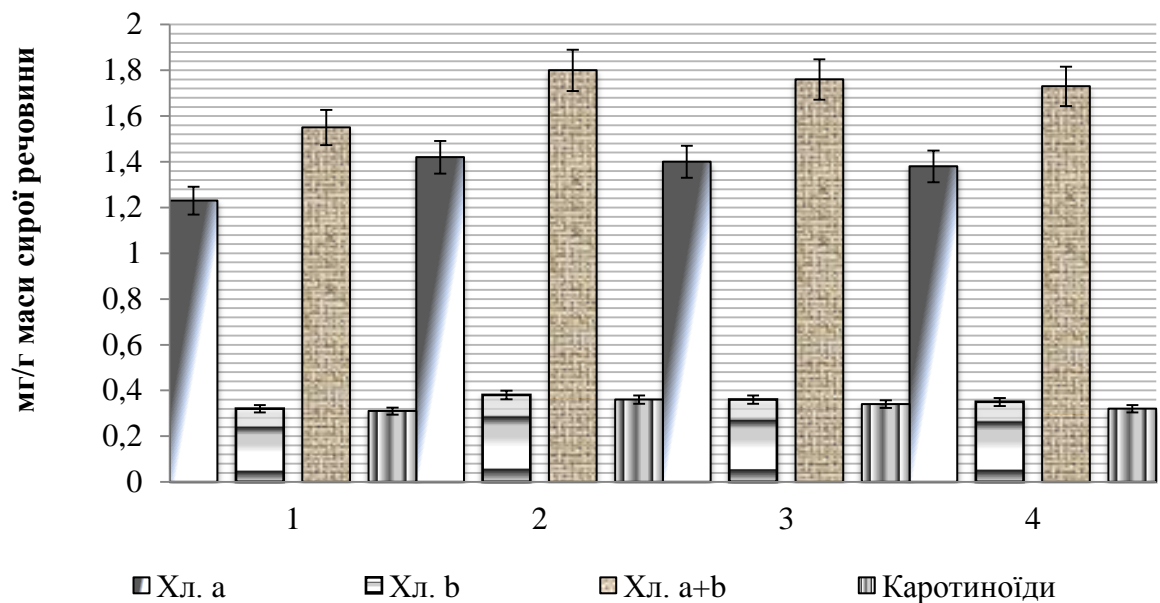


Рис. 4.2. Вміст пігментів у листках рослин *Calendula officinalis*, культивованих в агроекологічних умовах Західного Лісостепу (середнє за 2015–2017 рр.,  $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Важливим показником фотосинтетичної активності є відношення хлорофілів *a/b*. Цей критерій дає змогу охарактеризувати особливості рослин до умов освітлення, а за впливу стресових факторів може бути використаний як маркер стресостійкості [279].

Культивовані рослини *C. officinalis* – світлолюбні. Відповідно до даних наукової літератури [279], оптимальним відношенням хлорофілів *a/b* для світлолюбних рослин є 3,2–4. З'ясовано, що в умовах Передкарпаття і Західного

Лісостепу цей показник становить 3,7–4 (табл. 4.5 та 4.6). Це свідчить про задовільну фотосинтетичну активність досліджуваних рослин.

У разі несприятливих екологічних факторів співвідношення хлорофілів може змінюватися з причини руйнування хлорофілу *a* та додаткового синтезу хлорофілу *b*. Результати проведених досліджень засвідчили, що за внесення біостимуляторів під час культивування рослин інтенсивніше відбувається фотосинтез, проте показник співвідношення хлорофілів залишається сталим для усіх варіантів досліджу.

Таблиця 4.6

Вміст та співвідношення пігментів у листках рослин *Calendula officinalis*, культивованих в агроекологічних умовах Західного Лісостепу (середнє за 2015-2017 рр.) (M±m)

Назва варіанта	Хлорофіли, мг/г				Каротиноїди, мг/г	$\frac{\text{Хл. } a + b}{\text{каротиноїди}}$
	<i>A</i>	<i>b</i>	<i>a+b</i>	<i>a/b</i>		
Контроль	1,23 ±0,05	0,32 ±0,01	1,55 ±0,06	3,8	0,31±0,01	5
«Вермимаг»	1,42 ±0,07*	0,38 ±0,02*	1,80 ±0,09*	3,7	0,36±0,02*	5
«Вермийодіс»	1,4 ±0,06*	0,36 ±0,02	1,76 ±0,08*	3,9	0,34±0,02	5,2
«Вермистим»	1,38 ±0,06	0,35 ±0,02	1,73 ±0,08	3,	0,32±0,01	5,4

Примітка: вірогідність різниці порівняно з контролем \* -  $p \leq 0,05$

Каротиноїди виконують у рослині роль антиоксидантів під час оксидативного стресу, запобігаючи фоторуйнації пігментного комплексу. Уміст каротиноїдів у рослинах контрольного варіанту, вирощених в умовах Передкарпаття (рис. 4.1), становить 0,26±0,01 мг/г маси сирої речовини, а у зоні Західного Лісостепу – 0,31±0,01 мг/г маси сирої речовини. Співвідношення сумарний вміст фракцій хлорофілу *a* і *b* / каротиноїди у досліджуваних рослин становить 5–5,4.

У результаті проведеного аналізу з'ясовано, що між врожайністю рослин *C. officinalis* та вмістом хлорофілів існує досить значна кореляція, зокрема, в умовах Передкарпаття –  $r=0,968$ , а в умовах Західного Лісостепу –  $r=0,978$ .

За результатами проведених досліджень можемо стверджувати (рис. 4.3), що вміст хлорофілу *a* у листках рослин *M. recutita*, культивованих в умовах Передкарпаття, варіює у межах  $1,75\pm 0,07$  –  $2,09\pm 0,10$  мг/г маси сирої речовини, а хлорофілу *b* –  $0,59\pm 0,02$  –  $0,68\pm 0,03$  мг/г. Рослини, вирощені за дії біостимулятора «Вермимаг», характеризуються на 19,4 % ( $p\leq 0,01$ ), а за дії «Вермийодісу» на 13,7 % ( $p\leq 0,05$ ) вищим вмістом хлорофілу *a* порівняно з контролем. Уміст хлорофілу *b* зростає ( $p<0,05$ ) на 15,3 % та 13,6 % відповідно. У листках рослин, вирощених за внесення препарату «Вермистим», спостерігається тенденція до зростання вмісту пігментів, однак ці показники, опрацьовані за критерієм Стьюдента, не достовірні порівняно з контролем.

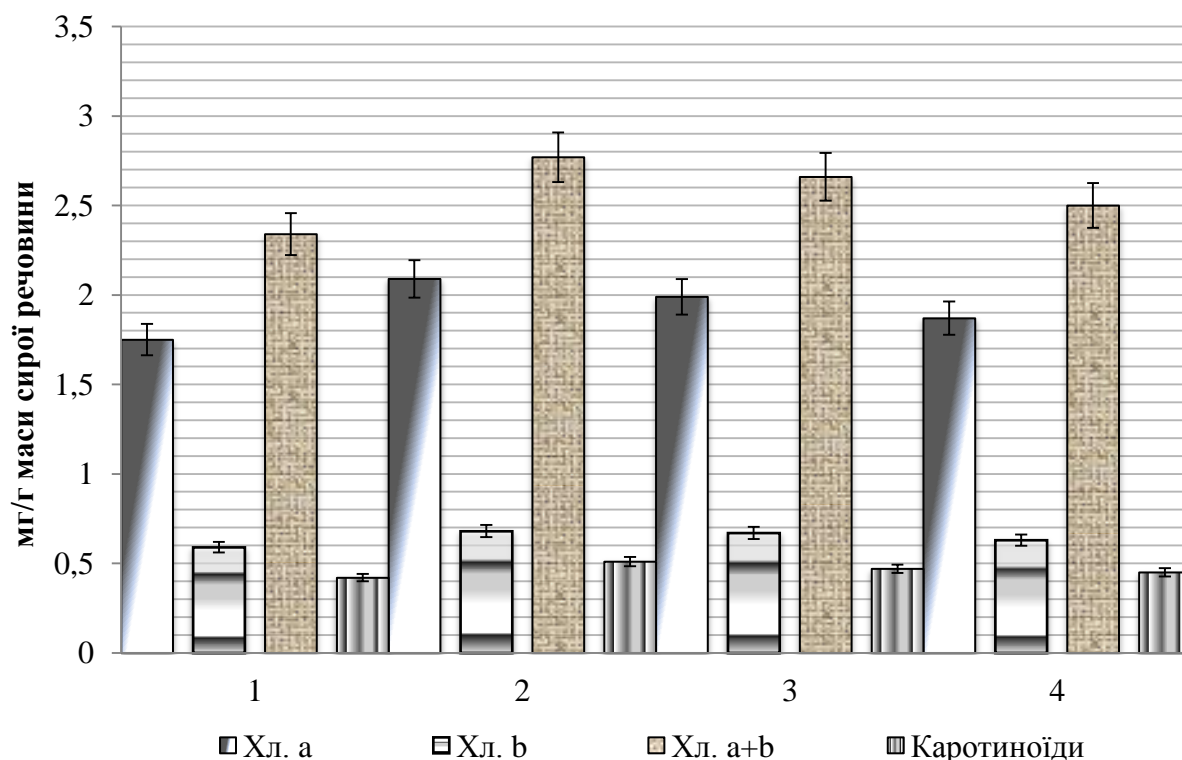


Рис. 4.3. Вміст пігментів у листках рослин *Matricaria recutita*, культивованих в агроекологічних умовах Передкарпаття (середнє за 2015–2017 рр.,  $M\pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Рослинам *M. recutita*, вирощеним в умовах Західного Лісостепу також властивий вірогідно вищий ( $p < 0,05$ ) вміст суми фракцій хлорофілу *a* і *b* (рис. 4.4) порівняно із рослинами, культивованими в умовах Передкарпаття.

Встановлено, що листя рослин, вирощених у контролі, містить  $2,02 \pm 0,09$  мг/г маси сирої речовини хлорофілу *a*,  $0,68 \pm 0,03$  мг/г – хлорофілу *b*. Концентрація хлорофілів у біомасі рослин є вищою ( $p \leq 0,05$ ) на 15,4 % порівняно із їх вмістом у рослин контрольного варіанту, вирощених в умовах Передкарпаття (рис. 4.3, табл. 4.7). Високим умістом суми фракцій хлорофілу *a* і *b* характеризуються рослини, вирощені за дії «Вермийодісу» та «Вермимагу» відповідно  $3,08 \pm 0,14$  та  $3,16 \pm 0,16$  мг/г маси сирої речовини (рис. 4.4, табл. 4.8).

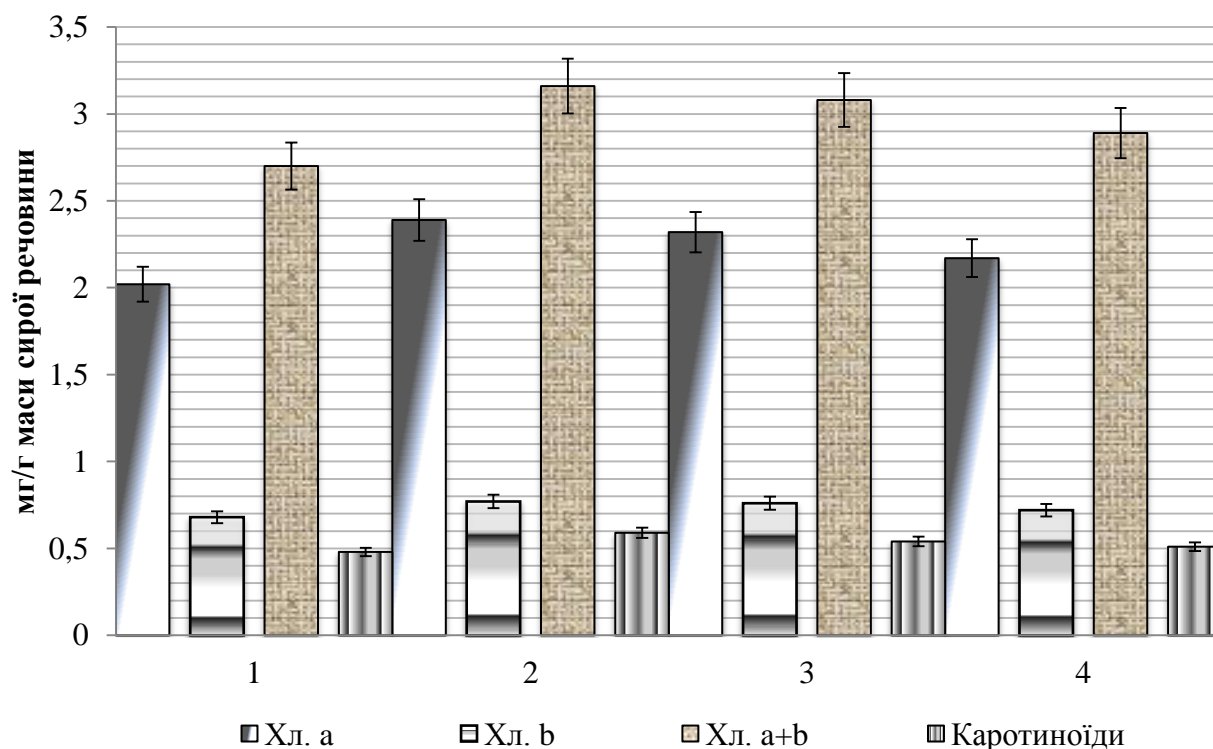


Рис. 4.4. Вміст пігментів у листках рослин *Matricaria recutita*, культивованих в агроекологічних умовах Західного Лісостепу (середнє за 2015 – 2017 рр.,  $M \pm m$ ):  
1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

У рослин *M. recutita*, культивованих в умовах Передкарпаття і Західного Лісостепу співвідношення хлорофілів *a/b* становить 3–3,1 (табл. 4.7 та 4.8).

Таблиця 4.7

Вміст та співвідношення пігментів у листках рослин *Matricaria recutita*,  
культивованих в агроекологічних умовах Передкарпаття  
(середнє за 2015–2017 рр.) (M±m)

Назва варіанта	Хлорофіли, мг/г				Кароти- ноїди, мг/г	Хл. $a + b$ каротиноїди
	$A$	$b$	$a+b$	$a/b$		
Контроль	1,75 ±0,07	0,59 ±0,02	2,34 ±0,1	3	0,42±0,02	5,6
«Вермимаг»	2,09 ±0,10**	0,68 ±0,03*	2,77* ±0,14	3,1	0,51±0,03*	5,4
«Вермийодіс»	1,99 ±0,09*	0,67 ±0,03*	2,66 ±0,12*	3	0,47±0,03	5,7
«Вермистим»	1,87 ±0,08	0,63 ±0,02	2,50 ±0,12	3	0,45±0,02	5,6

Примітка: вірогідність різниці порівняно з контролем \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$

Результати проведених досліджень засвідчили, що за внесення біостимуляторів під час культивування рослин інтенсивніше відбувається фотосинтез, проте показник співвідношення хлорофілів залишається сталим для усіх варіантів досліджу.

Таблиця 4.8

Вміст та співвідношення пігментів у листках рослин *Matricaria recutita*,  
культивованих в агроекологічних умовах Західного Лісостепу  
(середнє за 2015–2017 рр.) (M±m)

Назва варіанта	Хлорофіли, мг/г				Кароти- ноїди, мг/г	Хл. $a + b$ каротиноїди
	$A$	$b$	$a+b$	$a/b$		
Контроль	2,02 ±0,09	0,68 ±0,03	2,7 ±0,12	3	0,48±0,02	5,6
«Вермимаг»	2,39 ±0,12*	0,77 ±0,04	3,16* ±0,16	3,1	0,59±0,03*	5,4
«Вермийодіс»	2,32 ±0,1*	0,76 ±0,04	3,08 ±0,14*	3,1	0,54±0,03	5,7
«Вермистим»	2,17 ±0,1	0,72 ±0,03	2,89 ±0,14	3	0,51±0,02	5,7

Примітка: вірогідність різниці порівняно з контролем \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$

Уміст каротиноїдів у рослинах контролю, вирощених в умовах Передкарпаття (рис. 4.3), становить  $0,42 \pm 0,02$  мг/г маси сирої речовини, а у зоні Західного Лісостепу –  $0,48 \pm 0,02$  мг/г. А внесення препарату «Вермимаг» сприяє їх приросту щодо контролю відповідно на  $0,09$  мг/г сирої маси (21,4 %) та  $0,11$  мг/г маси сирої речовини (22,9 %). Співвідношення сумарний вміст фракцій хлорофілу *a* і *b* / каротиноїди у досліджуваних рослин *M. recutita* становить 5,4–5,7.

Результати проведеного кореляційного аналізу засвідчили, що врожайність рослин *M. recutita* залежить від нагромадження хлорофілів у пластидах рослин. Однак більш виражений зв'язок констатовано у результаті вирощування рослин у агроекологічних умовах зони Західного Лісостепу ( $r=0,972$ ) порівняно з агроекологічними умовами Передкарпаття ( $r=0,954$ ).

Синтез фотосинтетично активних пігментів залежав від клімату. За умов посухи та різких коливань температури протягом періоду вегетації, а також внаслідок проливних дощів відзначали зниження вмісту пігментів. Найбільш сприятливими були метеорологічні умови 2016 р.

Отримані результати щодо активації синтезу фотосинтетичних пігментів під час культивування рослин за дії регуляторів росту узгоджуються із даними інших науковців. Так, у дослідженнях О. Зінченка встановлено, що рослини міскантусу гігантеусу у результаті впливу «Емістиму С», «Агростимуліну» і «Регопланту» характеризуються максимальною величиною коефіцієнта хлорофілу [263].

#### **4.4. Активність ензимів антиоксидантної системи у рослинах *Calendula officinalis* та *Matricaria recutita* за різних умов культивування**

Екологічні фактори по-різному можуть впливати на рослини. За несприятливих умов вони здатні до індукції ензимів антиоксидантного захисту, які дають змогу клітині уникнути токсичної дії вільних радикалів [102]. При обробці посівів рослин стимулятори росту здатні підвищувати їх стійкість до різних стресових ситуацій, несприятливих факторів зовнішнього середовища: високих і низьких температур, хвороб.

СОД є одним із провідних ензимів антиоксидантної системи клітин і тканин та виконує захисну роль клітини від АФК [85; 288]. Лише цей ензим каталізує реакцію дисмутації супероксидного аніон радикалу  $O_2^-$  до  $O_2$  та  $H_2O_2$ , регулюючи у такий спосіб внутрішньоклітинну концентрацію вільних радикалів кисню [33].

Відомо, що активність ензиму СОД відрізняється у різних органах рослин. Це залежить від їх виду, фізіологічних фаз росту та розвитку, а також посилення впливу стресових факторів [85].

Оскільки сировиною лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita* є суцвіття (квітки), важливо з'ясувати особливості перебігу фізіолого-біохімічних процесів у них за активністю ензимів та редокс-станом клітин під час фенологічної фази цвітіння.

У результаті дослідження впливу біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» на активність СОД у екстрактах різних органів рослин *C. officinalis*, культивованих в умовах Передкарпаття, виявлено (табл. 4.9), що вона є достовірно вищою ( $p < 0,05$ ) на 15,4–23 % у рослин, вирощених за впливу стимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» порівняно з контролем [284].

Достовірної різниці між цими варіантами досліду не виявлено, зокрема активність ензиму у коренях на 7 добу після другого разу внесення «Вермимагу» зростала на 22,7 %, а «Вермийодісу» – на 19 % порівняно з контролем. На 14 добу цей вплив сприяв підвищенню активності СОД на 18,6 % та 17,6% відповідно. У стеблах рослин на 7 добу після внесення активність ензиму зростала за дії «Вермимагу» на 21,1 %, а за внесення «Вермийодісу» – на 18,6 % порівняно з контролем. На 14 добу після внесення «Вермимагу» спостерігали підвищення супероксидазної активності на 18,5 % щодо контролю, а за внесення «Вермийодісу» – на 15,4 %. Активність СОД у листках і суцвіттях рослин підвищується ( $p < 0,05$ ) у результаті внесення «Вермимагу» на 17,9–23 % і «Вермийодісу» на 15,5–18,1 % порівняно з контролем. У рослинах, вирощених за внесення «Вермистиму», не зафіксовано змін активності ензиму.

З'ясовано, що питома активність СОД у різних органах рослини відрізняється. Так, найвищий її вміст виявлено у суцвіттях рослин, що на 25,3–

28,8 % та 19,4–22,5 % вище, ніж у коренях та стеблах відповідно. Однак достовірної різниці між активністю ензиму у суцвіттях та листках рослини не зафіксовано. Щодо активності СОД у листках впродовж вегетації рослин відомо, що під час цвітіння у лисках арабідопсису вона значно підвищувалася [150].

Таблиця 4.9

Питома активність СОД у екстрактах рослин

*Calendula officinalis* сорту Польова красуня, вирощених у зоні Передкарпаття  
(середнє значення за 2015–2017 рр.), (M±m)

Доба після внесення Варіанти дослідую	Питома активність, ум.од.·хв <sup>-1</sup> ·мг <sup>-1</sup> білка							
	Корінь		Стебло		Листки		Суцвіття	
	7 доба	14 доба	7 доба	14 доба	7 доба	14 доба	7 доба	14 доба
Контроль	3,84± 0,19	4,31± 0,21	4,03± 0,20	4,53± 0,23	4,31± 0,21	4,85± 0,24	4,81± 0,24	5,55± 0,28
«Вермимаг»	4,71± 0,22*	5,11± 0,26*	4,88± 0,24*	5,37± 0,27*	5,30± 0,27*	5,72± 0,29*	5,92± 0,30*	6,61± 0,33*
«Вермийодіс»	4,57± 0,21*	5,07± 0,25*	4,78± 0,23*	5,23± 0,26*	5,09± 0,25*	5,60± 0,28*	5,67± 0,29*	6,49± 0,32*
«Вермистим»	4,28± 0,21	4,74± 0,24	4,47± 0,22	4,98± 0,25	4,83± 0,24	5,34± 0,26	5,42± 0,27	6,13± 0,31

Примітка: \* - вірогідність різниці між контролем та дослідним варіантом (p<0,05 – p<0,001)

Аналогічний вплив біостимуляторів росту на активність СОД у рослин *C. officinalis* спостерігали під час їх культивування у зоні Західного Лісостепу (табл.4.10). Зокрема, за внесення біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» супероксиддисмутазна активність у різних органах рослин зростає у середньому на 16,6–22,6 % на 7 добу після обприскування. На 14 добу після внесення



«Вермийодісу» у стеблах рослин активність СОД незначно відрізняється від рослин контролю. Застосування «Вермистиму» не впливає на активність СОД.

Таблиця 4.10

Питома активність СОД у екстрактах рослин  
*Calendula officinalis* сорту Польова красуня, вирощених у зоні Західного Лісостепу (середнє значення за 2015–2017 рр.) (M±m)

Доба після внесення Варіанти дослідду	Питома активність, ум.од.·хв <sup>-1</sup> ·мг <sup>-1</sup> білка							
	Корінь		Стебло		Листок		Суцвіття	
	7 доба	14 доба	7 доба	14 доба	7 доба	14 доба	7 доба	14 доба
Контроль	3,98± 0,19	4,29± 0,21	4,15± 0,20	4,53± 0,23	4,58± 0,22	4,65± 0,23	4,96± 0,25	5,31± 0,27
Вермимаг	4,73± 0,23*	4,98± 0,25*	5,09± 0,25*	5,25± 0,26*	5,41± 0,27*	5,59± 0,28*	6,03± 0,30*	6,24± 0,32*
Вермийодіс	4,82± 0,23*	5,13± 0,26*	4,86± 0,24*	5,17± 0,25	5,34± 0,26*	5,49± 0,27*	5,82± 0,29*	6,17± 0,3*
Вермистим	4,43± 0,22	4,61± 0,22	4,71± 0,23	5,08± 0,24	5,01± 0,25	5,28± 0,26	5,58± 0,25	5,89± 0,28

Примітка: \* - вірогідність різниці між контролем та дослідним варіантом (p<0,05 – p <0,001)

Агроєкологічні умови Передкарпаття і Західного Лісостепу не впливають на питому активність СОД у рослинах *C. officinalis* під час їх культивування.

Враховуючи те, що в Україні *M. recutita* росте у дикому виді, проаналізовано вміст ензиму у рослинах культурного та дикого виду.

Дослідження активності СОД у суцвіттях рослин *M. recutita* показало [269], що у рослин сорту Перлина Лісостепу, культивованих в умовах Передкарпаття, вона становить 4,81±0,20 – 5,73±0,28 ум.од.·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка (рис. 4.5). З'ясовано вплив біостимуляторів росту рослин на активність СОД на 7 добу після їх внесення. Суцвіття рослин, вирощених за внесення препарату «Вермимаг», характеризуються вірогідно вищою активністю СОД (p<0,05) на 19,2 % порівняно

з контролем. Застосування «Вермийодісу» сприяє зростанню ( $p < 0,05$ ) активності ензиму на 18,6 % порівняно з контролем; вірогідної різниці між цими варіантами досліду не виявлено. Встановлено, що застосування «Вермистиму» не впливає на активність ензиму.

Активність СОД у суцвіттях рослин культурного виду *M. recutita*, вирощених в умовах Західного Лісостепу, становить  $4,92 \pm 0,23$  –  $5,97 \pm 0,28$  ум.од.·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка (рис. 4.5). Результати досліджень засвідчили, що внесення біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» сприяє зростанню активності ензиму у суцвіттях рослин на 20 % ( $p < 0,05$ ) та 21,3 % ( $p \leq 0,01$ ) відповідно порівняно з контролем, проте застосування «Вермистиму» достовірно не впливає на активність СОД.

Порівняльний аналіз активності ензиму у рослин, вирощених за різних агроекологічних умов – на дерново-підзолистому середньосуглинковому ґрунті Передкарпатті та темно-сірому опідзоленому середньосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу показав, що вірогідної різниці між активністю СОД у досліджуваних зразках немає.

Визначено, що у суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita* активність СОД становить  $5,58 \pm 0,28$  ум.од.·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка, що на 16 % вище ( $p < 0,05$ ) порівняно із рослинами контролю, вирощеними в умовах Передкарпаття (рис. 4.5), однак не відрізняється від показників дослідних варіантів.

Враховуючи те, що у результаті роботи СОД генерується гідроген пероксид, нейтралізація якого забезпечується каталазою і пероксидазою, визначено активність цих ензимів у суцвіттях досліджуваних рослин *C. officinalis* та *M. recutita*, оскільки квітки – це ЛРС досліджуваних рослин, також вони є важливими генеративними органами рослин і депо важливих БАР, призначених для збереження стійкості і створення сприятливих умов для проростання насіння.

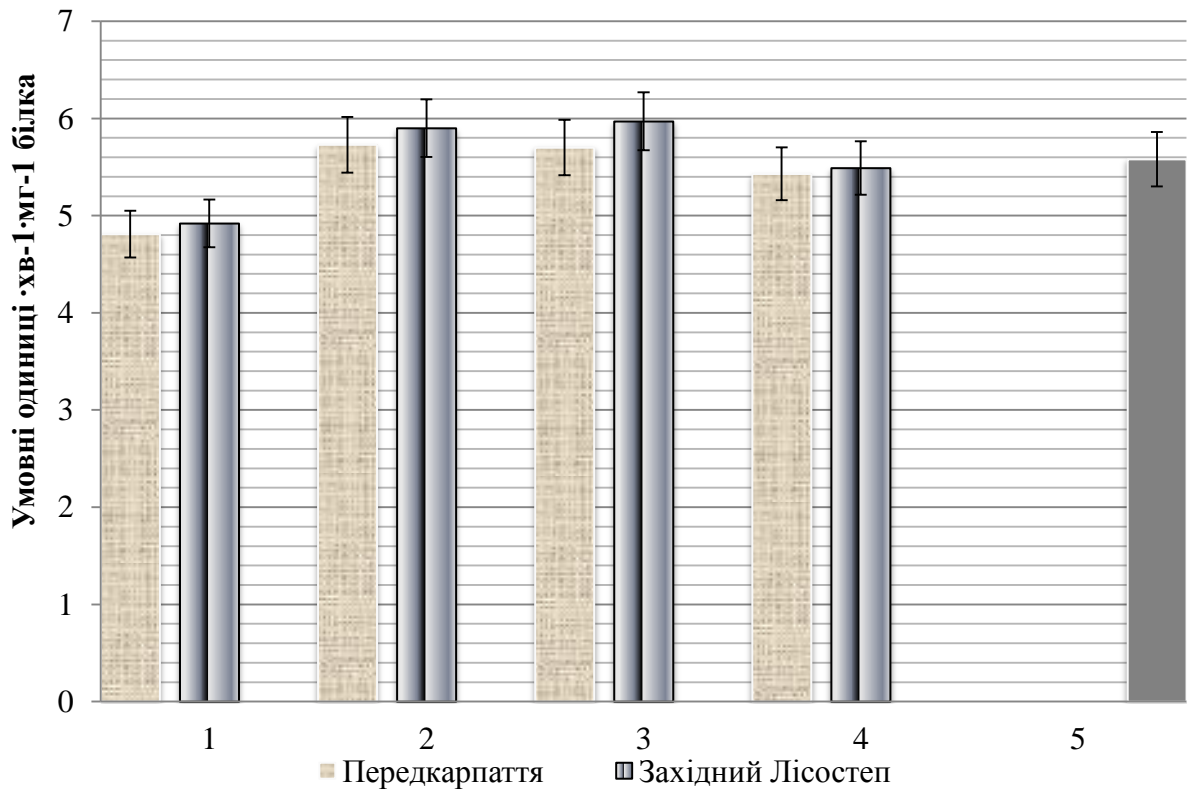


Рис. 4.5. Активність СОД у суцвіттях рослин *Matricaria recutita* (середнє за 2015–2017 рр.) ( $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»; 5 – дикорослий вид

Досліджено, що суцвіттям рослин *S. officinalis*, вирощених в умовах Передкарпаття за дії біостимулятора росту «Вермимаг» властива вища ( $p < 0,05$ ) пероксидазна активність на 21 % порівняно із контролем (рис. 4.6). У рослин, культивованих в умовах Західного Лісостепу дещо вищу активність ензиму зафіксовано у варіантах, на дослідні ділянки яких вносили «Вермимаг» та «Вермийодіс» на 15,9 % та 16,7 % відповідно порівняно із контролем. Наші дослідження узгоджуються із результатами досліджень інших науковців [54], які виявили зростання активності пероксидази у проростків соняшника за дії регуляторів росту «Регоплант» та «Стимпо» порівняно з контролем, що зумовлювало збільшення переносу кисню з певних субстратів на перексид водню.

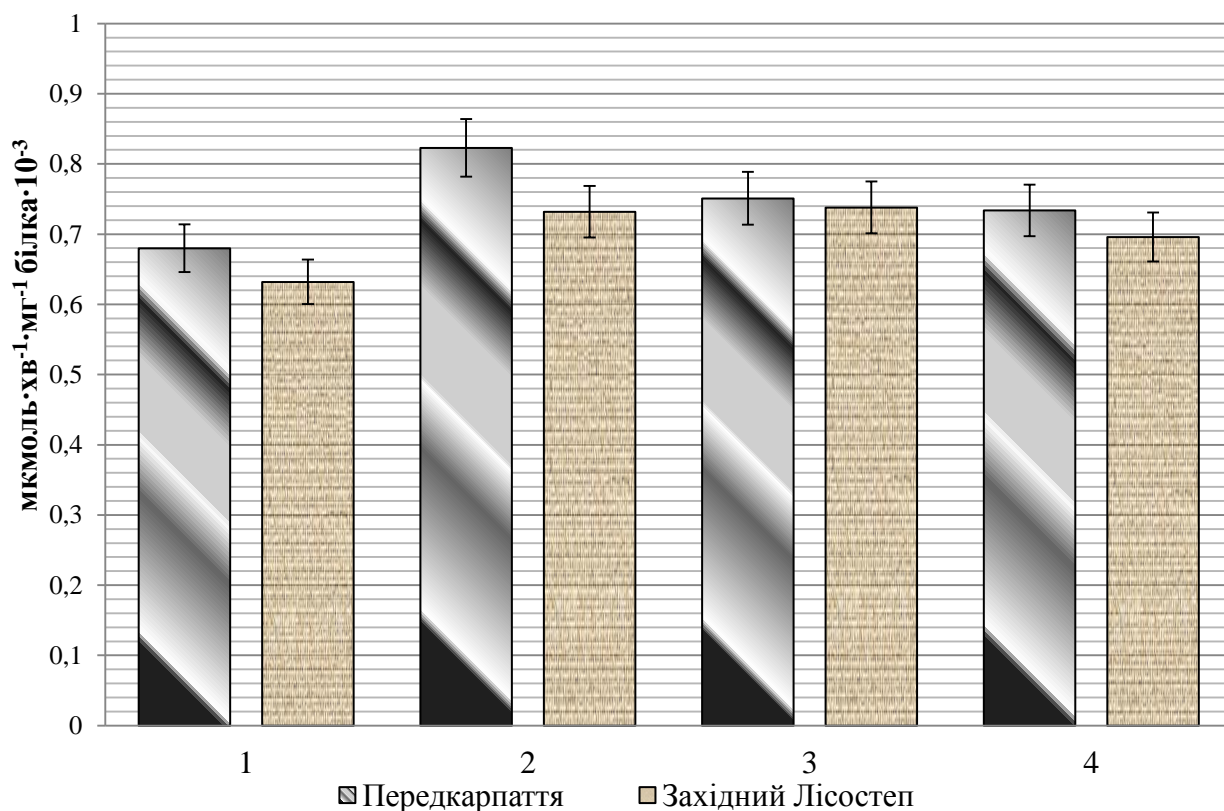


Рис. 4.6. Активність пероксидази у суцвіттях рослин *Calendula officinalis* (середнє за 2015–2017 рр.) ( $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

З'ясовано, що суцвіття рослин культурного виду *M. recutita*, вирощених за дії біостимулятора росту «Вермимаг», в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу характеризуються вищою ( $p < 0,05$ ) пероксидазною активністю на 14,9 та 16,1 % відповідно порівняно із контролем (рис. 4.7). Інші стимулятори, а також агроекологічні умови не мають значного впливу на активність ензиму [269].

Суцвіття рослин дикорослого виду демонструють достовірно нижчі ( $p < 0,01$ ) показники активності пероксидази порівняно із рослинами культурного виду, вирощеними у контролі на 19,1 %.

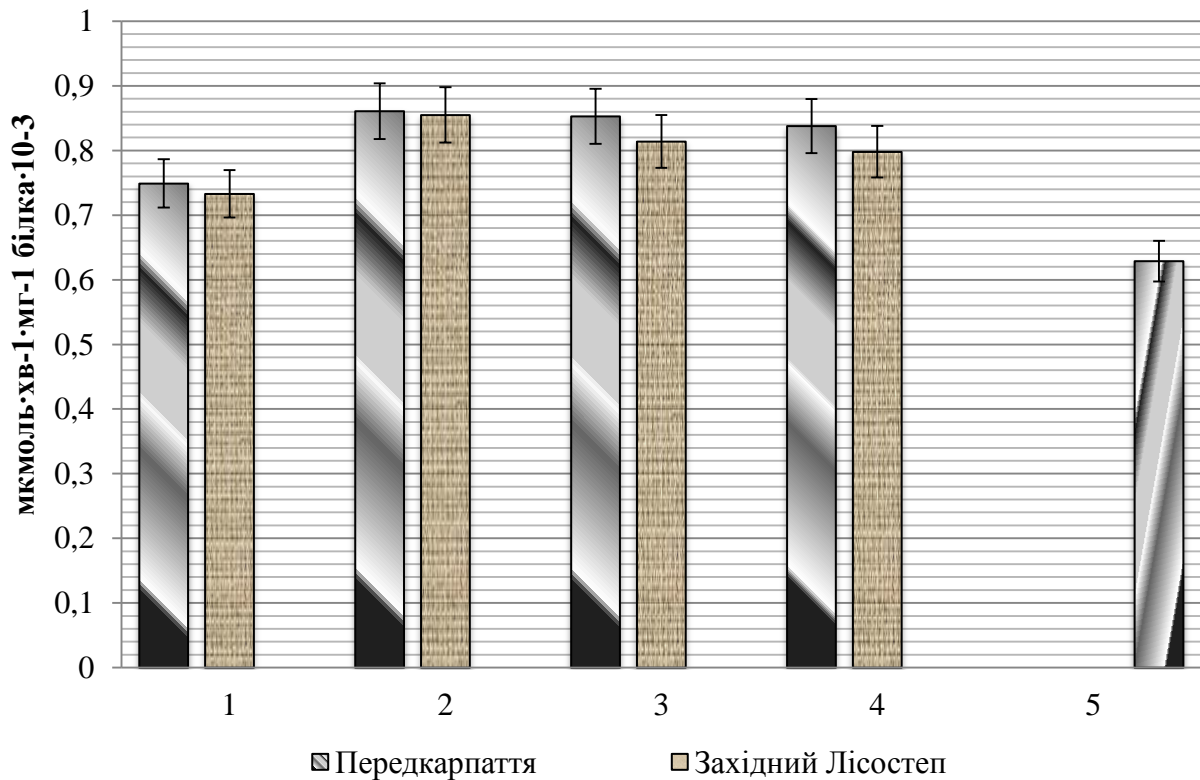


Рис. 4.7. Активність пероксидази у суцвіттях рослин *Matricaria recutita* (середнє за 2015–2017 рр.) ( $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»; 5 – дикорослий вид

За нормальних фізіологічних умов каталаза регулює вміст пероксиду водню в організмі, запобігає його токсичній дії, відіграє важливу роль у процесі старіння рослин. У рослинних клітинах локалізована в пероксисомах і цитозолі [24, 189].

Встановлено, що у суцвіттях рослин *C. officinalis*, вирощених за дії біостимуляторів росту, активність каталази є достовірно вищою щодо контролю (рис. 4.8). Активність ензиму у рослин, вирощених у Передкарпатті за дії біостимулятора «Вермийодіс» на 23,2 % вища порівняно з контролем, за впливу «Вермимагу» – на 16,8 %, вплив «Вермистиму» незначний. Рослини, культивовані у Західному Лісостепу, характеризуються таким зростанням активності каталази порівняно з контролем: на 16,3 % за внесення «Вермимагу» та на 15,8 % у результаті впливу «Вермийодісу». Однак показник активності ензиму у цих варіантах вірогідно не відрізняється. Агроєкологічні умови не зумовлюють зміни активності ензиму у досліджуваних рослинах.

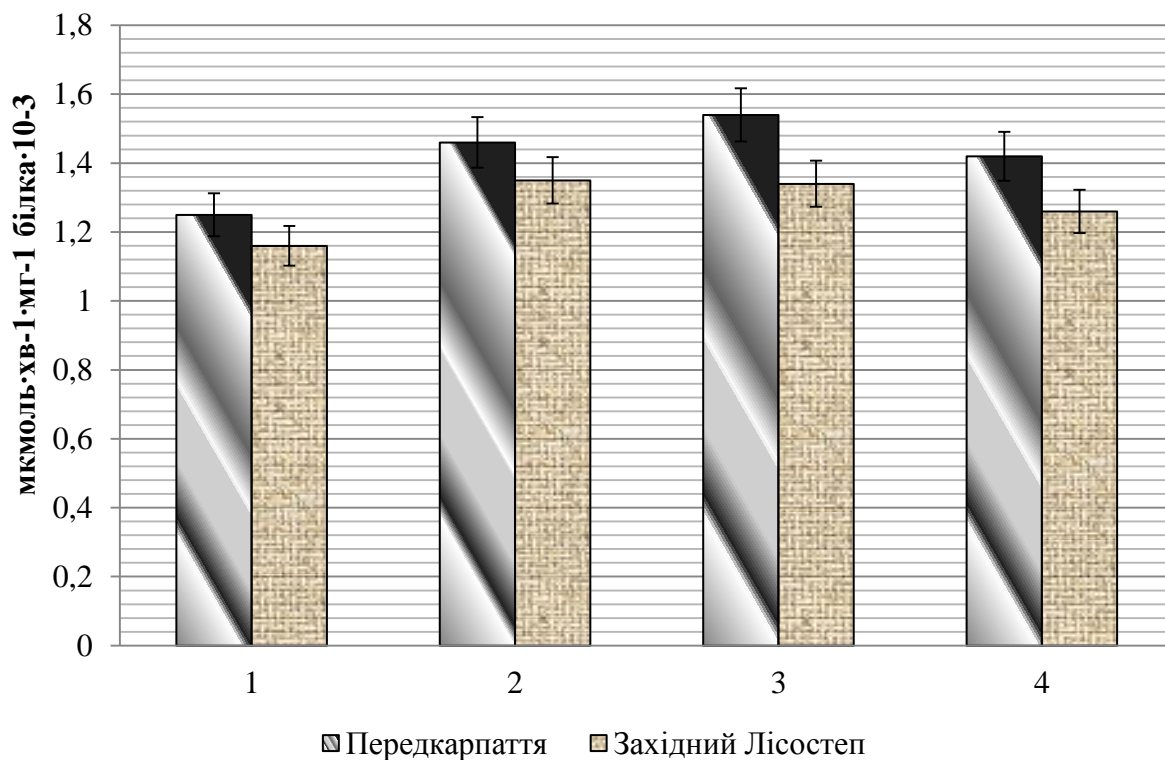


Рис. 4.8. Активність каталази у суцвіттях рослин *Calendula officinalis* (середнє за 2015–2017 рр.) ( $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Внесення біостимуляторів росту під час культивування рослин *M. recutita* сприяє зростанню активності каталази щодо показників контролю (рис. 4.9). Визначено, що за дії біостимулятора «Вермийодіс» активність ензиму вища на 23,4 % ( $p < 0,05$ ) у суцвіттях рослин, вирощених в умовах Передкарпаття та на 22,9 % ( $p < 0,01$ ) – Західного Лісостепу порівняно з контролем. За впливу «Вермимагу» активність каталази зростає ( $p < 0,05$ ) на 17,9 % та 16,8 % відповідно порівняно із контролем, вплив «Вермистиму» був незначним.

Аналіз активності ензиму у суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita* показав, що вона є вищою, ніж у рослин контролю у 2,6 рази.

У результаті стресу, якого завдають рослині екзогенні фактори, відбувається руйнування клітинних мембран, що викликає зміни ПОЛ. Важливим показником збалансованості антиоксидантного стану і рівня ПОЛ організмів є

МДА [6], тому визначено його вміст у суцвіттях рослин *C. officinalis* та культурного й дикорослого виду *M. recutita*.

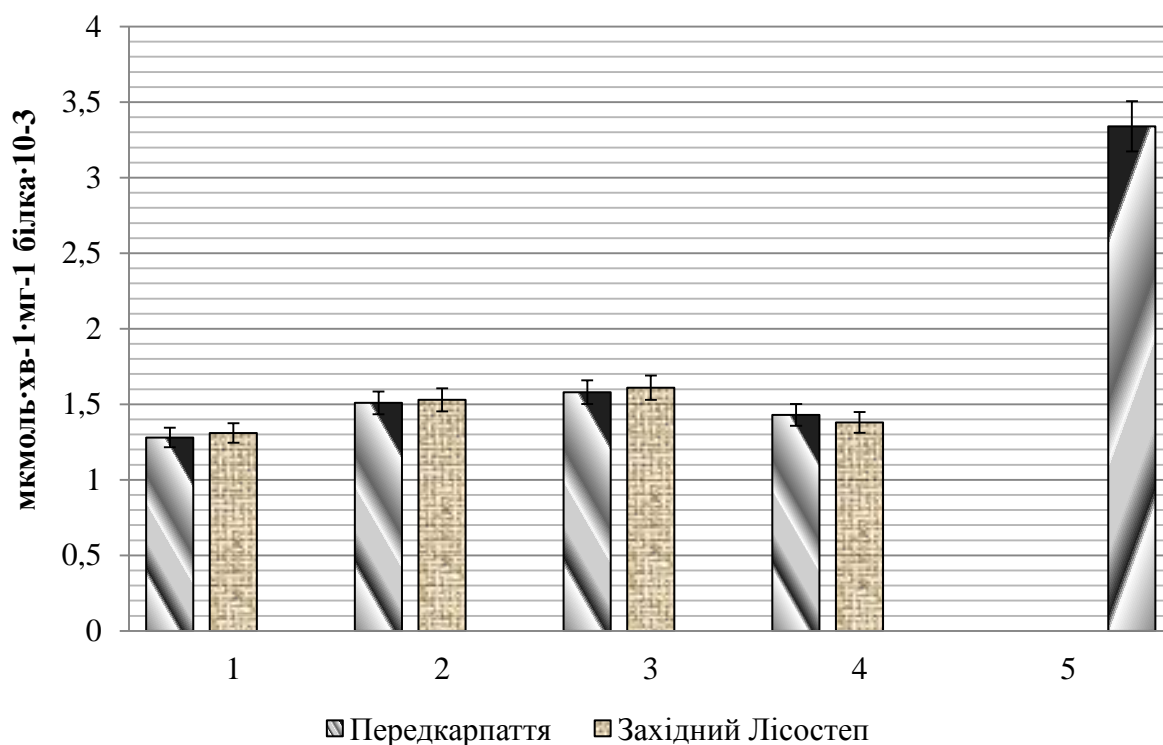


Рис. 4.9. Активність каталази у суцвіттях рослин *Matricaria recutita*

(середнє за 2015–2017 рр.) ( $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»; 5 – дикорослий вид

Найвищим вмістом ТБК-активних продуктів від  $21,17 \pm 0,98$  до  $24,61 \pm 1,24$  нмоль  $\cdot 10^{-3}$ /г характеризуються листки та суцвіття рослин *C. officinalis*, вирощених у контролі (табл. 4.11). Активність процесів ПОЛ під час цвітіння рослин у листках та суцвіттях практично однакова. Застосування біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» сприяє пригніченню процесів ліпопероксидації у середньому на 15,7–27,4 % порівняно з контролем. Кращий захист виявляють «Вермимаг» і «Вермийодіс» [284].

Наші результати узгоджуються з даними інших науковців, які дослідили зменшення ПОЛ у хвої рослин *Pinus sylvestris* L. за дії регуляторів росту [6].

Таблиця 4.11

Вплив біостимуляторів на вміст ТБК-активних продуктів у листках та суцвіттях рослин *Calendula officinalis* (середнє за 2015–2017 рр.) (M±m)

Варіанти досліджу	Зона Передкарпаття		Зона Західного Лісостепу	
	нмоль·10 <sup>-3</sup> /г			
	листки	суцвіття	листки	Суцвіття
Контроль	22,44±1,03	21,17±0,98	24,61±1,24	23,01±1,13
«Вермийодіс»	18,27±0,84 **	17,12±0,71 **	20,12±0,86**	18,06±0,83 **
«Вермимаг»	17,89±0,91**	16,76±0,79**	20,93±0,99*	19,75±0,93*
«Вермистим»	18,82±0,98*	17,98±0,82*	21,27±0,95*	19,63±0,90*

Примітка: \*, \*\* - вірогідність різниці між контролем та дослідним варіантом (\* - p<0,05, \*\* - p<0,01)

У листках та суцвіттях рослин *M. recutita*, вирощених за дії біостимуляторів росту, виявлено нижчий вміст (p<0,01–0,05) ТБК-активних продуктів за утворенням МДА порівняно із контролем (рис. 4.10). З'ясовано, що вміст ТБК-активних продуктів у листках та суцвіттях рослин практично не відрізняється. Внесення препарату «Вермимаг» сприяє зменшенню вмісту ТБК-активних продуктів у середньому на 18,7 та 22,1 % щодо контролю в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу відповідно, «Вермийодіс» – на 21,2 та 23,7 %, «Вермистим» – на 16,3 та 15,0 % відповідно. Найнижчий уміст МДА (p<0,001) на 39,3 % порівняно із показниками контролю зафіксовано у суцвіттях рослин дикорослого виду *M. recutita*, але він не відрізняється від дослідних варіантів.

Агроекологічні умови Передкарпаття і Західного Лісостепу не впливають на активність процесів ПОЛ, що свідчить про їх сприятливий вплив на розвиток досліджуваних рослин.



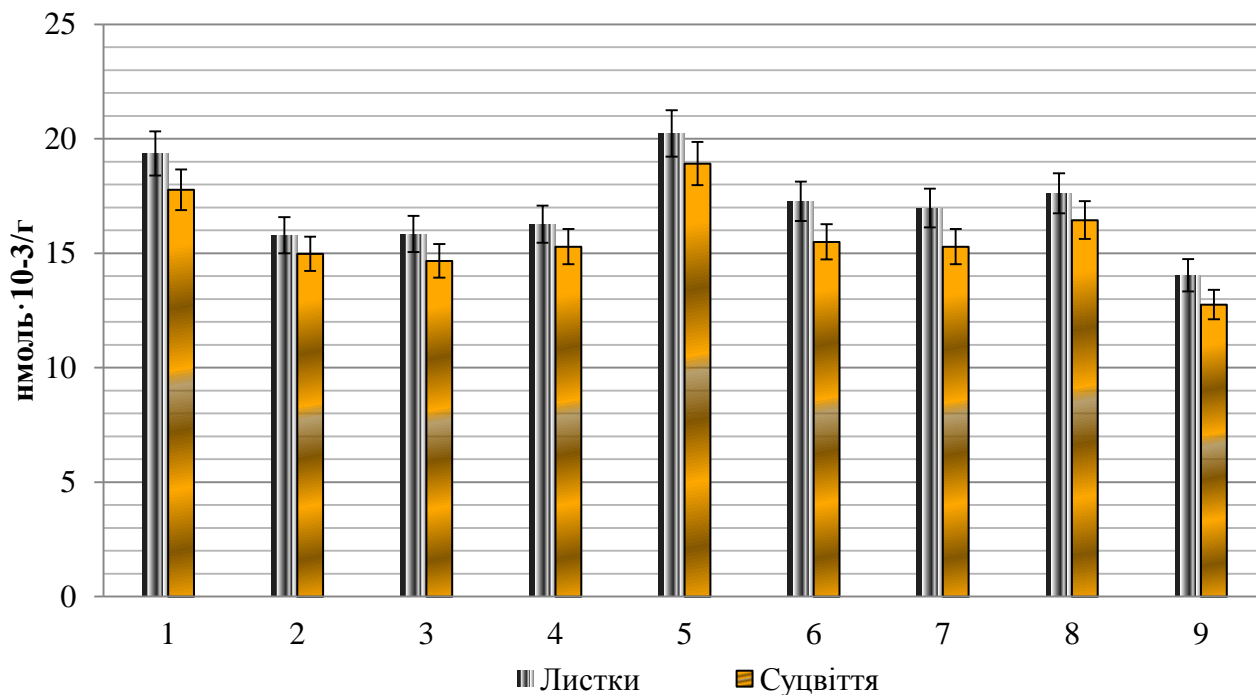


Рис. 4.10 Вміст ТБК-активних продуктів у листках та суцвіттях рослин

*Matricaria recutita* (середнє за 2015–2017 рр.) (M±m):

Зона Передкарпаття: 1 – контроль, 2 – «Вермимаг», 3 – «Вермийодіс», 4 – «Вермистим»; зона Західного Лісостепу: 5 – контроль, 6 – «Вермимаг», 7 – «Вермийодіс», 8 – «Вермистим», 9 – дикорослий вид

#### 4.5. Вміст біологічно активних речовин у суцвіттях рослин *Calendula officinalis* та *Matricaria recutita* за різних умов культивування

Одним із показників стану прооксидантно-антиоксидантних процесів є утворення АК, синтез якої важливий для рослин в умовах окисного стресу. А також АК – це БАР (вітамін С), джерелом якої виступають лікарські рослини. У суцвіттях рослин *C. officinalis* та *M. recutita* АК не є фармакологічно активною (діючою) речовиною, однак вступає у синергізм із флавоноїдами, доповнюючи дію один одного.

З'ясовано, що суцвіття рослин *C. officinalis*, вирощених за дії біостимуляторів росту, характеризуються вищим вмістом АК порівняно із контролем на 18,1–23,4 % у зоні Передкарпаття та на 16–25 % у зоні Західного

Лісостепу (табл. 4.12). Встановлено, що рослини *C. officinalis*, вирощені в умовах Західного Лісостепу, мають більший вміст АК у суцвіттях, ніж рослини, культивовані у Передкарпатті.

До низькомолекулярних метаболітів прооксидантно-антиоксидантної системи рослин належать флавоноїди і каротиноїди. Водночас ці речовини є БАР суцвіть *C. officinalis*, тому доцільно визначити їх вміст за досліджуваних умов.

ЛРС *C. officinalis*, культивованих і у зоні Передкарпаття, і у зоні Західного Лісостепу, характеризується високим вмістом флавоноїдів (у перерахунку на рутин) – від  $1,00 \pm 0,02$  до  $1,19 \pm 0,03$  % (табл. 4.12). З'ясовано, що внесення біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» під час культивування рослин сприяє збільшенню вмісту флавоноїдів у суцвіттях *C. officinalis* відповідно на 11,2–14 % і 9,3–13 % порівняно з контролем. Агроєкологічні умови не впливають на їх синтез.

Біостимулятори росту впливають на вміст каротину у суцвіттях *C. officinalis*, зумовлюючи його зростання на 15–20,2 % у зоні Передкарпаття та на 15,5–23,9 % – Західного Лісостепу порівняно з контролем ( $60,00 \pm 2,14$  та  $56,67 \pm 2,33$  мкг/г абс. сухої маси відповідно) (табл. 4.12). Агроєкологічні умови не впливають на вміст каротину у суцвіттях *C. officinalis*.

З'ясовано, що суцвіття рослин *M. recutita*, вирощених за дії біостимуляторів росту мають більший вміст АК порівняно із контролем ( $p < 0,01-0,05$ ) на 14,7 – 23,1 % (табл. 4.13). Дещо вищими показниками характеризуються рослини *M. recutita*, культивовані за внесення біостимуляторів «Вермимаг» – на 18,6–21,9 % та «Вермийодіс» – на 19,1–23,1 %, порівняно з контролем. Варто зазначити, що у рослин контролю, вирощених в умовах Західного Лісостепу, зафіксовано на 14,1 % вищий ( $p < 0,05$ ) вміст АК порівняно із рослинами Передкарпаття. Аналіз вмісту АК у суцвіттях культурного та дикорослого виду рослин *M. recutita* показав, що достовірної різниці між отриманими результатами немає.

Діючою речовиною суцвіть *M. recutita* є ефірна олія, вміст якої відповідно до нормативного документа – Державної Фармакопеї України (ДФУ) – повинен становити не менше 0,3 %. З'ясовано, що вміст ефірної олії у суцвіттях рослин

*M. recutita* сорту «Перлина Лісостепу» становить 0,36–0,40 %, тобто сировина високої якості (табл. 4.13). Агроекологічні умови Передкарпаття і Західного Лісостепу та внесення біостимуляторів росту під час проведення досліджень не впливають на її кількість. У суцвіттях дикорослої форми *M. recutita* зафіксовано низький вміст ефірної олії ( $0,24 \pm 0,02$  %), така сировина не відповідає вимогам ДФУ і не придатна до використання з лікувальною метою.

Таблиця 4.12

Вміст біологічно активних речовин у суцвіттях рослин *Calendula officinalis*

(середнє значення за 2015–2017 рр.) ( $M \pm m$ )

Варіанти досліджу	Вміст АК, мкг/г абс. сухої маси суцвітть	Вміст флавоноїдів у перерахунку на рутин та на суху масу, %	Вміст каротину, мкг/г абс. сухої маси
Західний Лісостеп			
Контроль	$1,298 \pm 0,07$	$1,00 \pm 0,02$	$56,67 \pm 2,33$
«Вермимаг»	$1,619 \pm 0,10$ *	$1,14 \pm 0,06$ *	$70,21 \pm 4,91$ *
«Вермийодіс»	$1,623 \pm 0,11$ *	$1,13 \pm 0,07$ *	$67,09 \pm 3,23$ *
«Вермистим»	$1,506 \pm 0,09$ *	$1,08 \pm 0,03$	$65,45 \pm 2,67$ *
Передкарпаття			
Контроль	$1,139 \pm 0,06$	$1,07 \pm 0,02$	$60,00 \pm 2,41$
«Вермимаг»	$1,406 \pm 0,09$ *	$1,19 \pm 0,03$ *	$72,09 \pm 5,12$ *
«Вермийодіс»	$1,375 \pm 0,08$ *	$1,17 \pm 0,02$ *	$69,38 \pm 3,41$ *
«Вермистим»	$1,345 \pm 0,06$ *	$1,10 \pm 0,03$	$69,00 \pm 2,95$ *

Примітка: \* - вірогідність різниці між контролем та дослідним варіантом  $p < 0,05-0,01$

Досліджено, що суцвіття (квітки) *M. recutita*, культивовані у зоні як Передкарпаття, так і Західного Лісостепу за дії біостимуляторів характеризуються достатньо високим вмістом флавоноїдів у перерахунку на рутин –  $0,97 \pm 0,02$  –  $1,24 \pm 0,06$  % (табл. 4.13). Встановлено, що в рослинах, вирощених за внесення біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс», вміст флавоноїдів у

суцвіттях вищий відповідно на 10,3–11,7 % і 10–11,3 % порівняно з контролем. З'ясовано, що екологічні чинники, такі як едафічний та кліматичний не виявляли значного впливу на синтез флавоноїдів у суцвіттях рослин.

Таблиця 4.13

Вміст біологічно активних речовин у суцвіттях рослин *Matricaria recutita*  
(середнє за 2015–2017 рр.) (M±m)

Варіанти досліджу	Вміст АК, мкг/г абс. сухої маси суцвіть	Вміст ефірної олії, % абс. сухої маси суцвіть	Вміст флавоноїдів у перерахунку на рутин та на суху вагу, %
Західний Лісостеп			
Контроль	1,78±0,07	0,36±0,02	1,11±0,04
«Вермимаг»	2,17±0,10**	0,39±0,03	1,24±0,06 *
«Вермийодіс»	2,12±0,10 **	0,39±0,03	1,22±0,05*
«Вермистим»	2,07±0,09*	0,36±0,02	1,19±0,02
Передкарпаття			
Контроль	1,56±0,06	0,37±0,02	0,97±0,02
«Вермимаг»	1,85±0,08**	0,40±0,03	1,07±0,04
«Вермийодіс»	1,92±0,1 **	0,38±0,03	1,08±0,07
«Вермистим»	1,79±0,08*	0,38±0,03	1,01±0,04
Дикорослий вид	1,70±0,08	0,24±0,02***	0,99±0,05

**Примітка:** вірогідність різниці між контролем та дослідним варіантом: \* - p<0,05; \*\* - p<0,01; \*\*\* - p<0,001

#### 4.6. Дослідження інтегральної антиоксидантної активності екстрактів рослин *Calendula officinalis* та *Matricaria recutita* за різних умов культивування

Характерною особливістю рослин є їх здатність синтезувати БАР – флавоноїди, каротиноїди, органічні кислоти, ефірні олії тощо, які виявляють антиоксидантну дію. Дедалі частіше речовини, що виявляють антиоксидантні властивості, привертають увагу науковців. Це пов'язано зі здатністю

антиоксидантів вступати в окисно-відновні реакції з АФО, зупиняючи ланцюг вільнорадикальних реакцій. Вільні радикали в організмі здатні провокувати виникнення багатьох неінфекційних захворювань, тому особливо актуальними є пошуки природних екологічно безпечних сполук із вираженими антиоксидантними властивостями. Антиоксидантну активність рослин аналізують за активністю ензимів прооксидантно-антиоксидантної системи та вмістом проміжних продуктів ПОЛ [20; 120; 139; 142; 145,]; вмістом низькомолекулярних метаболітів – флавоноїдів [109; 122; 126; 134; 152; 154; 171]; каротиноїдів [12; 57; 69; 82; 88; 89; 90; 118; 132; 147; 163; 168]; аскорбінової кислоти [38; 94; 95; 111; 156]. За одним показником загальну антиоксидантну активність оцінити неможливо, а поєднання різних методів потребує значних витрат часу та є економічно не вигідним. Одні з найефективніших методів, за якими можна оцінити загальну антиоксидантну активність – фізико-хімічні методи, зокрема, кулонометричний [261], потенціометричний [226; 237] та ін.

Потенціометричним методом визначено ІАОА водних та спиртових екстрактів суцвіть рослин *C. officinalis* і *M. recutita*.

Результати дослідження засвідчили, що у водних екстрактах суцвіть рослин *C. officinalis*, культивованих в умовах Передкарпаття, ІАОА є у межах від  $1,1 \pm 0,06$  до  $1,39 \pm 0,07$  мг АК / мл (рис. 4.11). Показано, що внесення біостимуляторів росту під час вирощування рослин зумовлює їх вплив на антиоксидантну активність суцвіть [232; 272]. Це пов'язано з тим, що біостимулятори активізують процеси синтезу антиоксидантів у суцвіттях рослин.

Таким чином, екстракти суцвіть рослин, культивованих за внесення біостимуляторів, характеризуються вищою ІАОА щодо контролю, зокрема «Вермимаг» – на 0,29 мг АК / мл, «Вермийодіс» – на 0,21 мг АК / мл, а «Вермистим» – на 0,17 мг АК / мл.

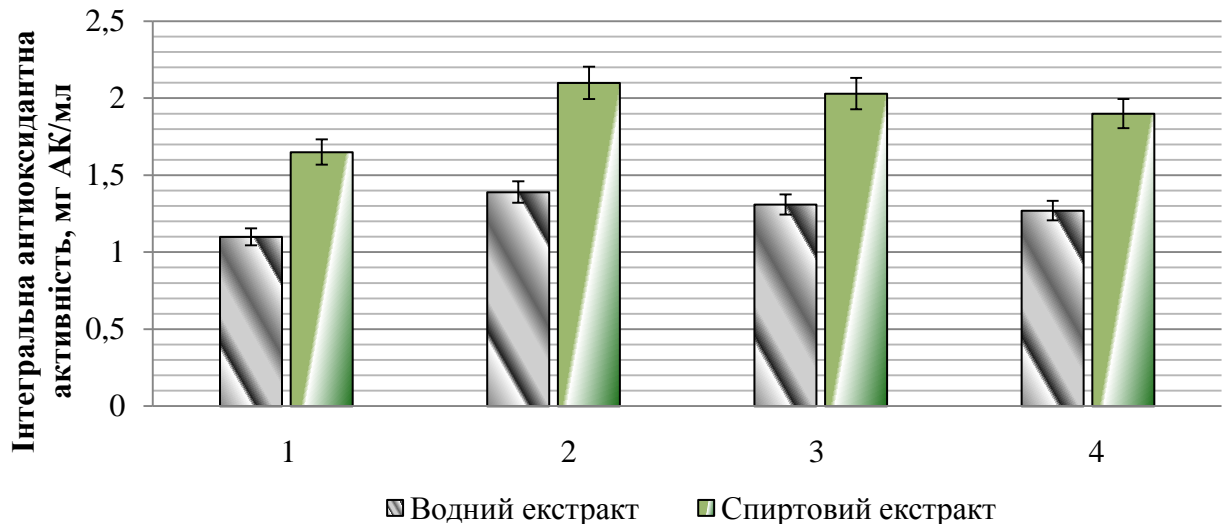


Рис. 4.11. Інтегральна антиоксидантна активність екстрактів суцвіть рослин *Calendula officinalis*, культивованих в умовах Передкарпаття (середнє за 2015–2017 рр.,  $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Водні екстракти суцвіть рослин, культивованих в умовах Західного Лісостепу, характеризуються вищою ( $p \leq 0,05$ ) ІАОА порівняно із рослинами, вирощеними в агроекологічних умовах Передкарпаття, що становить  $1,26 \pm 0,06$  –  $1,57 \pm 0,08$  мг АК / мл (рис. 4.12). Вірогідний вплив на рослини виявляють біостимулятори.

З'ясовано, що спиртові екстракти суцвіть рослин характеризуються вищою ІАОА в 1,5–1,6 раза порівняно з водними (рис. 4.11, 4.12).

Показники ОВП водних екстрактів суцвіть рослин *M. recutita* свідчать, що ІАОА є вищою на 14,6–24,6 % у варіантах із застосуванням біостимуляторів, порівняно із контролем ( $p < 0,05$ – $0,01$ ) (рис. 4.13). У водних екстрактах найвищі показники ІАОА спостерігали у варіанті із внесенням «Вермимагу» (на 24,6 % порівняно з контролем). За дії «Вермийодісу» цей показник був вищим на 20 % порівняно з контролем ( $p \leq 0,05$ ), а за внесення «Вермистиму» – на 14,6 % [267].

Встановлено, що спиртові екстракти рослин, вирощених за дії біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс», мають на 26,2 % та 19,1 %, відповідно, вищу ІАОА порівняно з контролем.

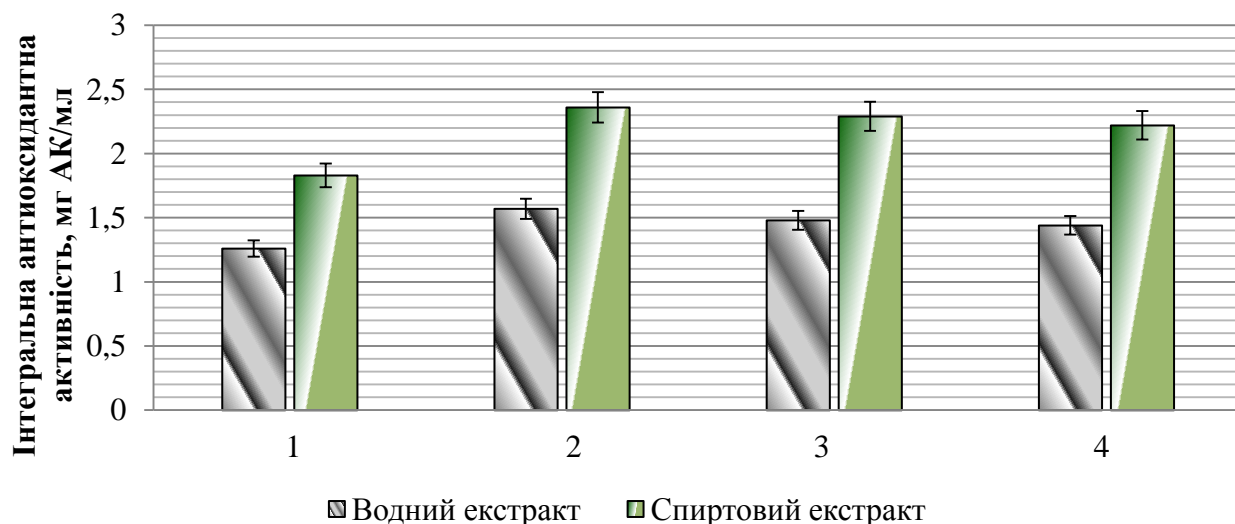


Рис. 4.12. Інтегральна антиоксидантна активність екстрактів суцвіть рослин *Calendula officinalis*, культивованих в умовах Західного Лісостепу (середнє за 2015–2017 рр.,  $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Показано, що спиртові екстракти суцвіть рослин *M. recutita* у 1,3–1,4 раза проявляють вищу ІАОА, ніж водні. Отримані результати узгоджуються із даними науковців, які досліджували водні та спиртові екстракти лікарських рослин [226].

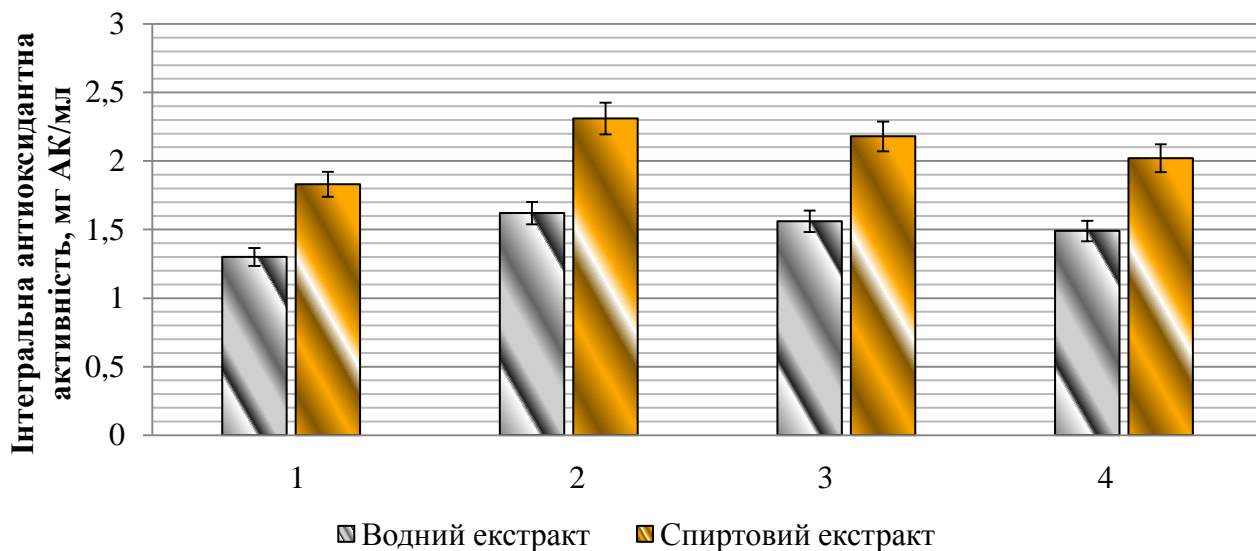


Рис. 4.13. Інтегральна антиоксидантна активність екстрактів суцвіть рослин *Matricaria recutita*, культивованих в умовах Західного Лісостепу (середнє за 2015–2017 рр.,  $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Аналогічний вплив біостимуляторів на ІАОА екстрактів рослин спостерігали за умов їх культивування у зоні Передкарпаття (рис. 4.14).

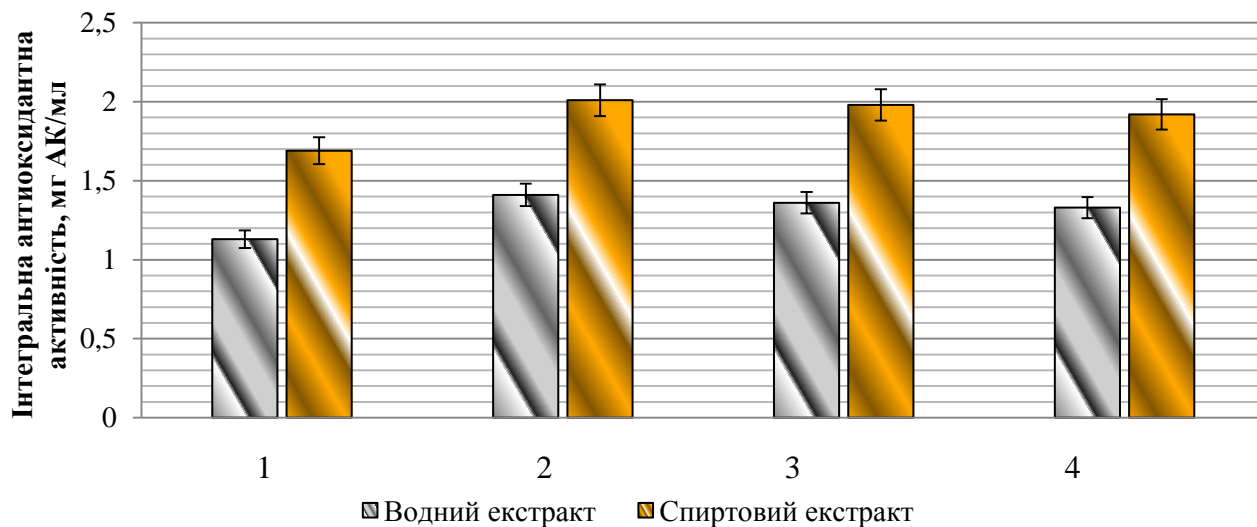


Рис. 4.14. Інтегральна антиоксидантна активність екстрактів суцвіть рослин *Matricaria recutita*, культивованих в умовах Передкарпаття

(середнє за 2015–2017 рр.,  $M \pm m$ ):

1 – контроль; 2 – «Вермимаг»; 3 – «Вермийодіс»; 4 – «Вермистим»

Встановлено, що рослини, культивовані в умовах Західного Лісостепу, проявляють вищу антиоксидантну активність порівняно із рослинами, культованими в умовах Передкарпаття.

#### Висновок до розділу 4

1. З'ясовано вплив біостимуляторів росту, внесених у фенологічні фази сходів та бутонізації з розрахунку 5 л/га під час культивування рослин *S. officinalis* та *M. recutita* та агроекологічних умов культивування. Показано, що біостимулятори росту «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим» сприяють підвищенню морфометричних показників та врожайності лікарської сировини у порівнянні із контролем. Найвищі показники отримані у результаті застосування «Вермимагу» та «Вермийодісу». Рослини, вирощені в агроекологічних умовах



Західного Лісостепу, характеризуються вищими показниками порівняно з культивованими на Передкарпатті.

2. Проаналізовано вміст фотосинтетичних пігментів у листках рослин. З'ясовано, що застосування біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» сприяє зростанню вмісту хлорофілів. Екологічний фактор – агрохімічний склад ґрунту зони Західного Лісостепу, який характеризується вищим вмістом поживних речовин, зумовлює підвищення вмісту пігментів у листках рослин. У результаті проведеного аналізу з'ясовано, що між врожайністю рослин *C. officinalis* та вмістом хлорофілів існує досить значна кореляція. Зокрема, в умовах Передкарпаття –  $r=0,968$ , а в умовах Західного Лісостепу –  $r=0,978$ . Результати проведеного кореляційного аналізу засвідчили залежність врожайності рослин *M. recutita* від нагромадження хлорофілів у їх пластидах. Однак більш виражений зв'язок констатовано у результаті вирощування рослин в агроекологічних умовах зони Західного Лісостепу ( $r=0,972$ ) порівняно з агроекологічними умовами Передкарпаття ( $r=0,954$ ).

3. Виявлено, що у рослин *C. officinalis* та *M. recutita* за дії біостимуляторів росту зростає активність ензимів та пригнічуються процеси пероксидного окиснення ліпідів, що сприяє збільшенню стійкості рослин до дії стресових чинників. Показано, що агроекологічні умови не впливають на активність ензимів, процеси ліпопероксидації.

4. Застосування «Вермимагу» та «Вермийодісу» сприяє зростанню вмісту флавоноїдів та каротинів у суцвіттях рослин. Доведено, що суцвіття рослин, вирощених за дії біостимуляторів, характеризуються вищим умістом аскорбінової кислоти, а екстракти цих рослин виявляють вищу інтегральну антиоксидантну активність. У екстрактах рослин, культивованих в умовах Західного Лісостепу, встановлені вищі показники інтегральної антиоксидантної активності, порівняно з екстрактами рослин, культивованих в умовах Передкарпаття.

#### Список використаних джерел до розділу 4

258. Більчук В., Россихіна-Галича Г. Вміст аскорбінової кислоти й активність ферментів метаболізму за дії іонів нікелю у проростках кукурудзи. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2012. Вип. 60. С. 332–337.
259. Бурлака І. С., Кисличенко В. С. Пігменти трави щучника дернистого і трави куничника звичайного. *Український журнал клінічної та лабораторної медицини*. 2012. Том 7. № 2. С. 14.
260. Гойко І. Ю. Визначення окислювально-відновлювального потенціалу для характеристики антиоксидантної активності нетрадиційної рослинної сировини. *Харчова промисловість*. 2013. № 14. С. 6–9.
261. Головка М. П., Пенкіна Н. М., Колесник В. В. Антиоксидантні властивості деяких видів рослинної сировини. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2011. Т. 4. № 6 (52). С. 9–11. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/1414>.
262. Гуляєв Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. № 1. С. 60–74.
263. Зінченко О. В. Оцінка впливу регуляторів росту рослин на інтенсивність фотосинтезу, приживаність, морфологічні показники міскантусу гігантеусу. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків* : зб. наук. праць. Ін-т біоенергет. культур і цукр. буряків ; Нац. акад. аграр. наук України. Київ : ФОП Корзун Д. Ю. 2013. Вип. 19. С. 47–51. URL: <http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/47.pdf>.
264. Кацан В. А., Потопальський А. І. Зміни співвідношення вмісту деяких пігментів фотосинтезу, індуковані в *Nicotiana tabacum* L. екзогенними ДНК. *Укр. біохім. журн.* 2006. №5. Т. 78. С. 70–80.
265. Ліханов А. Ф., Юхновська В. П. Вплив екзогенних біостимуляторів на процеси аклімації контейнерних саджанців *Magnolia liliflora* Desr. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23 (4). С. 44–51.
266. Лупак О. Перспективи використання деяких лікарських рослин родини Asteraceae в якості біологічно активних добавок. *Валеологія: сучасний*

стан, напрямки та перспективи розвитку : тези доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції, 14 квітня – 16 квітня 2016 р., Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. С. 330–333.

267. Лупак О. М. Потенціометричне визначення інтегральної антиоксидантної активності суцвіть рослин *Matricaria recutita* L. за різних умов культивування за внесення біостимуляторів росту. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*. 2018. № 2 (11). С. 10–13. URL:<https://doi.org:10.15587/2519-8025.2018.129675>.

268. Лупак О. М., Антоняк Г. Л. Дія біостимулятора «Вермийодіс» на фотосинтетичний апарат *Calendula officinalis* L. *Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень* : матеріали III Міжнар. наук. конф. (Березоточа, 14–15 липня 2016 року). ДСЛР ІАП НААН. Київ : ТОВ «ДІА», 2016. С. 177–178.

269. Лупак О. М., Антоняк Г. Л. Екологічний аспект вирощування рослин *Matricaria recutita* L. у Західній Україні. *Agrology*. 2020. 3(2). С. 85–90. URL:<https://doi.org:10.32819/020011>.

270. Лупак О. М., Антоняк Г. Л. Еколого-біохімічні показники рослин *Matricaria recutita*. *Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів* : матеріали XIV конференції молодих вчених (Київ, 23–24 жовтня 2019 р.). Київ, 2019. С. 36–37.

271. Лупак О. М., Антоняк Г. Л. Вплив біостимуляторів на продуктивність *Calendula officinalis* L. сорту Польова красуня. *Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 8-9 квітня 2016 року) : у 2-х частинах. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2016. Ч. I. С.48–50.

272. Лупак О. М., Ковальчук Г. Я., Антоняк Г. Л. Порівняльний аналіз інтегральної антиоксидантної активності суцвіть рослин *Calendula officinalis* L., вирощених в умовах Передкарпаття за дії біостимуляторів росту. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1–2. (9). С. 58–63. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/10282>.

273. Лупак О. М., Шпек М. П., Антоняк Г. Л. Вивчення впливу біостимуляторів росту на фотосинтетичний апарат рослин *Calendula officinalis* L.

*Стан природних ресурсів, перспективи їх збереження та відновлення* : збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції / упор. Василь Стахів, Надія Стецула. Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2016. С.106–107.

274. Лупак О. М., Шпек М. П., Антоняк Г. Л. Формування продуктивності *Calendula officinalis* L. залежно від внесення стимуляторів росту та ґрунтово-кліматичних умов культивування. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агрономія*. Львів : Львів. нац. аграр. ун-т, 2016. № 20. С. 60–65.

275. Мальцева Н. М., Гаєвський А. П., Дерев'янка К. Ю. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2011. Т. 43. № 5. С. 403–411.

276. Матвеева Н. А. Вміст фотосинтетичних пігментів в трансгенних рослинах цикорію з геном туберкульозного антигена ESAT6. *Вісник Донецького нац. університ.* 2010. Вип. 2. С. 249–253.

277. Соколовська-Сергієнко О. Г., Кірізій Д. А. Інтенсивність фотосинтезу та активність антиоксидантних ферментів листків озимої пшениці за різних умов мінерального живлення. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2013. Т.45. № 3. С. 206.

278. Стахів М. П. Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті. *Ґрунтознавство*. 2010. Т. 11. № 3–4. С. 88–95.

279. Таран Н. Ю. Адаптаційні зміни ліпідних компонентів мембран хлоропластів за умов дії на рослини факторів довкілля. *Укр. біохім. журн.* 2000. Т. 72. № 1. С. 17–27. 52.

280. Хоміна В. Я., Недільська У. І. Урожайність нагідок лікарських залежно від застосування біологічно активних препаратів. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2010. Вип. 18. С. 59–62. URL: <http://188.190.33.56:7980/jspui/handle/123456789/2325>.

281. Чипиляк Т. Ф. Вміст пігментів у листках видів роду *Немерокаліс* L. за інтродукції у степовій зоні України. *Физиология растений и генетика*. 2017. Т. 49. № 2. С. 142.
282. Abel S., Ticconi C. A., Dellatore C. A. Phosphate sensing in higher plants. *Physiol. Plant*. 2002. Vol. 115. P. 1–8.
283. Batten G. D. A review of phosphorus efficiency in wheat. *Plant and Soil*. 1992. Vol. 146. P. 163–168.
284. Lupak O. Biochemical indices of prooxidant-antioxidant processes in *Calendula officinalis* L., grown under the influence of growth biostimulants». *Scientific Journal of Polonia University*. 2019. Vol. 34. No. 3. P. 113–119. URL:<https://doi.org/10.23856/3414>.
285. Sazegar M. R., Banakar A., Bahrami N., Bahrami A. et al. Determination of the antioxidant activity and stability of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) extract in sunflower oil. *World Applied Sciences Journal*. 2011. No. 12 (9). P. 1500–1504.
286. Seddik K., Dalila B., Saliha Dj., Saliha D. et al. Polyphenols and antioxidant properties of extracts from *Mentha pulegium* L. and *Matricaria chamomilla* L. *Pharmacognosy Communications*. 2013. Vol. 3. Iss. 2. P. 35–40. URL: <https://doi.org/10.5530/pc.2013.2.8>.
287. Raghothama K. G. Phosphate acquisition. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. 1999. Vol. 50. P. 665–693.
288. Zhang Y., Li Z., Yan Peng Y., Wang X. et al. (2015). Clones of FeSOD, MDHAR, DHAR Genes from White Clover and Gene Expression Analysis of ROS-Scavenging Enzymes during Abiotic Stress and Hormone Treatments. *Molecules*. 2015. Vol. 20. P. 20939–20954. URL:<https://doi.org/10.3390/molecules201119741>.

## Розділ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ КУЛЬТИВУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН *Calendula officinalis* L. ТА *Matricaria recutita* L.

#### 5.1. Економічна ефективність культивування рослин *Calendula officinalis* за різних агроекологічних умов

При розрахунку економічної ефективності культивування лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita* рекомендується використовувати такі показники: урожайність продукції, приріст врожаю, виробничі витрати, як такі, що формують собівартість продукції, чистий прибуток та рівень рентабельності [289 – 292].

Для підрахунку виробничих витрат підібрано технологічні заходи культивування рослин *C. officinalis* в досліді з урахуванням застосування біостимуляторів росту. При складанні технологічних заходів використано довідниковий матеріал, зокрема: норми витрат палива на механізовані польові роботи, норми на ручні роботи в рослинництві, норми виробітку і витрачання палива на тракторно-транспортні роботи у сільському господарстві та інші.

Структура витрат на вирощування рослин *C. officinalis* подана у таблиці 5.1.

Вартість повітряно-сухої маси лікарської сировини *C. officinalis* і її прибавку розраховували, виходячи з ринкових цін (80 грн за 1 кг сухої сировини) у середньому за 2015–2017 рр.

У результаті проведених розрахунків виявлено, що агроекологічні умови зони Передкарпаття і Західного Лісостепу значно впливають на показники економічної ефективності вирощування лікарських рослин *C. officinalis*.

У контролі виробничі витрати склали 61500 грн/га, а при внесенні біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» – зростали на 1160–1240 грн/га за рахунок вартості біостимуляторів та додаткових витрат на їх внесення (таб. 5.2).

Таблиця 5.1

Структура витрат при вирощуванні лікарських рослин *Calendula officinalis*,  
(середнє за 2015–2017 рр.)

Показник	На 1 га посіву	Вартість витрат, грн/га
Затрати праці на збирання суцвіть, люд.-год.	480	-
Заробітна плата за 1 люд.- год із нарахуваннями, грн.	90	43200
Вартість насіння за 1 кг, грн	350	3500
Вартість біостимулятора за 1 л, грн		
а) «Вермимаг»,	35	350
б) «Вермийодіс»,	38	380
в) «Вермистим»	30	300
Додаткові затрати на внесення біостимуляторів, грн	-	860
Гербіциди (раундап) за 1 л, грн	150	600
Мінеральні добрива за 1 т, грн	14000	4200
ПММ за 1 л, грн	26	1560
Амортизаційні відрахування, ремонт основних засобів, транспортні витрати, грн	350	350
Плата за оренду земельної ділянки грн/га	2500	2500
Страхові платежі та інші витрати грн.	-	5590
Виробничі витрати всього (собівартість), грн: а) Контроль,		61 500
б) «Вермимаг»,		62 710
в) «Вермийодіс»,		62 740
г) «Вермистим»		62 660

Найвищий чистий прибуток (26090 грн/га) отримано з варіанту із внесенням біостимулятора «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу. Цей показник був більшим на 13990 грн/га порівняно з контролем.

Розрахунок рівня рентабельності показав, що вирощування *C. officinalis* у всіх варіантах дослідів є економічно вигідним.

Таблиця 5.2

Економічна ефективність вирощування лікарських рослин *Calendula officinalis* за різних агроекологічних умов (середнє за 2015–2017 рр.)

Ґрунтово-кліматич-на зона (фактор А)	Варіанти дослідів (фактор В)	Урожайність, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Вартість продукції, грн.	В т.ч. вартість приросту, грн.	Виробничі витрати (субвар.), грн.	В т.ч. додатові витрати, грн.	Чистий прибуток, грн.	Рівень рентабельності %
Західний Лісостеп	Контроль	9,2	-	73600	-	61 500	-	12100	19,7
	«Вермимаг»	11,1	1,9	88800	19000	62 710	1210	26090	41,6
	«Вермийодіс»	10,7	1,5	85600	15000	62740	1240	22860	36,4
	«Вермистим»	10,3	1,2	82400	11000	62660	1160	19740	31,5
Передкарпаття	Контроль	8,2	-	65600	-	61 500	-	4100	6,7
	«Вермимаг»	10,2	2,0	81600	20000	62 710	1210	18890	30,1
	«Вермийодіс»	9,6	1,4	76800	14000	62740	1240	14060	22,4
	«Вермистим»	9,3	1,1	74400	11000	62660	1160	11740	18,7

## 5.2. Економічна ефективність культивування рослин *Matricaria recutita* за різних агроекологічних умов

Для проведення розрахунку економічної ефективності вирощування лікарських рослин *M. recutita* за різних агроекологічних умов враховували такі ж



показники, як у п. 5.1: урожайність продукції, приріст врожаю, виробничі витрати, чистий прибуток та рівень рентабельності (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Структура витрат при вирощуванні лікарських рослин *Matricaria recutita*,  
(середнє за 2015–2017 рр.)

Показник	На 1 га посіву	Вартість витрат, грн/га
Затрати праці на збирання суцвіть, люд.-год.	200	-
Заробітна плата за 1 люд.- год із нарахуваннями, грн.	90	18000
Вартість насіння за 1 кг, грн.	450	1350
Вартість біостимулятора за 1 л, грн		
а) «Вермимаг»,	35	350
б) «Вермийодіс»,	38	380
в) «Вермистим»	30	300
Додаткові затрати на внесення біостимуляторів, грн.	310	860
Гербициди (раундап) за 1 л, грн.	150	600
Мінеральні добрива за 1 т, грн	14000	4200
ПММ за 1 л, грн.	26	1560
Амортизаційні відрахування, ремонт основних засобів, транспортні витрати, грн	350	350
Плата за оренду земельної ділянки, грн/га	2500	2500
Страхові платежі та інші витрати грн.	-	2860
Виробничі витрати всього (собівартість), грн: а) Контроль,		31420
б) «Вермимаг»,		32630
в) «Вермийодіс»,		32660
г) «Вермистим»		32580

Вартість повітряно-сухої маси лікарської сировини *M. recutita* і її прибавку розраховували, враховуючи ринкові ціни – 60 грн за 1 кг сухої сировини.

Економічна ефективність вирощування лікарських рослин *M. recutita* різниться, залежно від агроекологічних умов культивування рослин.

Виробничі витрати на вирощування рослин у контрольному варіанті складають 31420 грн/га, а за внесення біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» вони зростають на 1160–1210 грн/га за рахунок вартості препаратів, а також необхідних додаткових витрат на їх внесення.

Таблиця 5.4

Економічна ефективність вирощування лікарських рослин *M. recutita* за різних агроекологічних умов (середнє за 2015–2017 рр.)

Ґрунтово-кліматична зона (фактор А)	Варіанти дослідів (фактор В)	Урожайність, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Вартість продукції, грн	В т.ч. вартість приросту, грн	Виробничі витрати (собівар.), грн.	В т.ч. додаткові вир. витр грн.	Чистий прибуток, грн.	Рівень рентабельності %
Західний Лісостеп	Контроль	6,9	-	41400	-	31420	-	9980	31,8
	«Вермимаг»	8,3	1,4	49800	8400	32630	1210	17170	52,6
	«Вермийодіс»	8,1	1,2	48600	7200	32660	1240	15940	48,8
	«Вермистим»	7,7	0,8	46200	4800	32580	1160	13620	41,8
Передкарпаття	Контроль	6,3	-	37800	-	31420	-	6380	20,3
	«Вермимаг»	7,6	1,3	45600	7800	32630	1210	12970	39,7
	«Вермийодіс»	7,4	1,1	44400	6600	32660	1240	11740	35,9
	«Вермистим»	7,1	0,8	42600	4800	32580	1160	10020	30,8

Однак за рахунок підвищення врожайності за внесення біостимуляторів відповідно зростає прибуток. Найвищий чистий прибуток (17170 грн./га) отримано з варіанту за внесення біостимулятора «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу, що вищий на 7190 грн/га порівняно з контролем.

Встановлено, що вирощування рослин *M. recutita* із застосуванням біостимуляторів росту за різних агроекологічних умов Західної України є

рентабельним.

### Висновок до розділу 5

1. Аналіз економічної ефективності культивування лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita* за різних агроекологічних умов Західної України показав, що застосування біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» є одним із резервів збільшення чистого прибутку та рівня рентабельності при виробництві сухої лікарської сировини *C. officinalis* та *M. recutita*.

2. Найвищий чистий прибуток лікарської сировини *C. officinalis* (26090 грн/га) і *M. recutita* (17170 грн/га) отримано з варіанту із внесенням біостимулятора росту «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу. Цей показник вищий на 13990 грн/га та 7190 грн/га порівняно з контролем.

3. Розрахунок рівня рентабельності показав, що культивування рослин *C. officinalis* й *M. recutita* із застосуванням біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» та «Вермистим» в агроекологічних умовах Заходу України – зоні Передкарпаття і Західного Лісостепу є рентабельним.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

289. Бахмат М. І., Сендецький І. В. Економічна ефективність вирощування ріпаку озимого при застосуванні регулятора росту за різних норм висіву. Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. № 115. С. 12–18. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.2>.

290. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 208 с.

291. Методика определения экономической эффективности исследований в сельском хозяйстве, результатов научно-исследовательских и опытно-

конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений / Г. В. Лоза, Е. Я. Удовенко, В. Е. Вовк и др. Москва : Колос, 1980. 112 с.

292. Саблук П. Т., Мельника Ю. Ф., Зубця М. В. та ін. Ціноутворення та нормативні витрати в сільському господарстві: теорія, методологія, практика. У двох томах. Т.1. Теорія ціноутворення та технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур. Київ : ННЦ ІАЄ, 2008. 697 с.

## Розділ 6

### АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ЕКОБІОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯКІСНОЇ РОСЛИННОЇ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ *Calendula officinalis* L. ТА *Matricaria recutita* L.

Рослинництво в Україні є екологічно залежним, тому важливо враховувати вплив кліматичних відхилень на величину врожаю, його якість та підвищувати надійність агроценозів, використовуючи екзогенну регуляцію адаптаційних реакцій [64]. Актуальним є питання пошуку екологічно безпечних агротехнічних прийомів культивування лікарських рослин у різних агроекологічних умовах України з метою отримання сировини високої якості.

На формування якісної сировини лікарських рослин впливають суттєві зміни інтенсивності процесів росту та розвитку, що зумовлюються не лише їх генетичним потенціалом, а й особливостями перебігу фізіолого-біохімічних процесів залежно від фенологічних фаз розвитку та сезонних і добових коливань напруженості основних абіотичних факторів – температури, вологості, живлення тощо. Оптимізація процесів росту та розвитку лікарських рослин відбувається завдяки ефективному використанню ґрунтового-кліматичного потенціалу і застосуванню найбільш оптимальних технологічних прийомів [98].

У відповідь на різку зміну екологічних, зокрема, абіотичних факторів у рослинних організмах виникають компенсаторні й адаптивні реакції, у результаті яких фізіологічні, генетичні та біохімічні процеси відбуваються з певними змінами, що сприяють загартуванню до дії стресового чинника [124]. Це забезпечується нормальним функціонуванням антиоксидантної системи, до якої належать ензими та неензимні антиоксиданти – низькомолекулярні метаболіти. Застосування екологічно безпечних біостимуляторів росту сприяє кращій адаптації лікарських рослин до стресових факторів під час їх вегетації. Задля отримання високого врожаю рослин необхідно приділяти значну увагу показнику індивідуальної продуктивності.

Під час культивування лікарських рослин *C. officinalis* і *M. recutita* важливо спершу визначити оптимальні строки сівби з урахуванням агроекологічних факторів. Тому сівбу проводили навесні при температурі 7–8 °С на глибині залягання насіння на темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах Західного Лісостепу та при температурі 6–7 °С на глибині залягання насіння на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття із застосуванням біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим». Препарати вносили у нормі по 5 л/га двічі під час вегетації лікарських рослин – у фенологічних фазах сходів та бутонізації.

Ґрунти, на яких проводили польові дослідження, належать до двох різних типів [248]: темно-сірі опідзолені, утворені переважно на лесоподібних суглинках (дослідна ділянка Навчально-науково-дослідного центру ЛНАУ (м. Дубляни) та дерново-середньо-підзолисті поверхнево-оглеєні середньо-суглинкові ґрунти (навчально-дослідна ділянка ДДПУ імені Івана Франка (м. Дрогобич).

З'ясовано, що темно-сірі опідзолені легкосуглинкові ґрунти Західного Лісостепу характеризуються вищим потенціалом родючості та сприятливішими агрохімічними властивостями (вищий ступінь забезпечення азотом, фосфором, кальцієм і магнієм) у порівнянні із дерново-підзолистими поверхнево-оглеєними ґрунтами Передкарпаття.

Метеорологічні умови під час проведення дослідження (2015–2017) відрізнялися від середніх багаторічних. Зокрема, характеризувалися недостатністю опадів, різкими змінами температурного режиму. Найбільш сприятливими під час вегетації рослин були погодні умови 2016 р.

У результаті проведених досліджень встановлено, що біостимулятори росту забезпечують довшу тривалість фази цвітіння, що важливо для культивування рослин *C. officinalis* та *M. recutita*, бо саме суцвіття (квітки) є ЛРС цих культур. Відповідно фіксували більшу кількість квіткових кошиків на рослинах та підвищення врожаю. Наприклад, найвища врожайність рослин *C. officinalis* сорту Польова красуня 11,1 ц/га (на 20,7 % вище порівняно з контролем) встановлена у варіанті із внесенням біостимулятора «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому

легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу. Застосування цього препарату в умовах Передкарпаття сприяє також максимальному приросту врожайності ЛРС *C. officinalis*. Однак у ґрунтово-кліматичній зоні Передкарпаття цей показник уже нижчий і становить 10,2 ц/га, що на 24,4 % вище порівняно із контролем зони Передкарпаття. Встановлено зростання врожаю і за внесення біостимуляторів «Вермийодіс» та «Вермистим». Агроекологічні умови також впливають на формування врожайності. При цьому вищі показники отримано в агроекологічних умовах Зони Західного Лісостепу.

Аналіз впливу біостимуляторів росту і агроекологічних умов під час культивування рослин *M. recutita* дає підставу стверджувати, що застосування препаратів сприяє підвищенню морфометричних показників та врожайності рослин. Отримані результати узгоджуються із даними інших науковців [11; 44; 71; 76; 77; 86; 108; 113; 280]. Також ці показники вищі в агроекологічних умовах Західного Лісостепу.

Уміст та функціональна активність хлорофілу є показником потенційної здатності рослин формувати врожай [262; 275]. До того ж, стан фотосинтетичних пігментів вважають ознакою адаптивної стійкості рослини до несприятливих умов середовища [276; 281]. Концентрація фотосинтетично активних пігментів у листках не є сталою, а залежить від багатьох екологічних факторів, зокрема, водного, мінерального чи температурного режиму, рівня забруднення довкілля [259; 276], а також від фенологічних фаз розвитку рослин, досягаючи максимального значення під час цвітіння [66].

Ураховуючи дані досліджень науковців [13; 66; 75; 78; 97] щодо динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах, а також те, що сировиною лікарських рослин *C. officinalis* та *M. recutita* є суцвіття (квітки), доцільно було визначити вміст пігментів у листках під час цвітіння рослин.

З'ясовано, що рослини *C. officinalis*, культивовані в умовах Передкарпаття, під час цвітіння здатні нагромаджувати хлорофіл у концентрації від  $1,33 \pm 0,07$  до  $1,56 \pm 0,08$  мг/г маси сирої речовини, а в умовах Західного Лісостепу – від  $1,55 \pm 0,06$  до  $1,80 \pm 0,09$  мг/г маси сирої речовини. Вищим ( $p \leq 0,05$ ) сумарним

вмістом фракцій хлорофілу *a* і *b* характеризуються рослини, вирощені за дії «Вермимагу» та «Вермийодісу». У рослин *M. recutita* високим вмістом фракцій хлорофілу *a* і *b* –  $3,08 \pm 0,14$  та  $3,16 \pm 0,16$  мг/г маси сирої речовини також характеризуються рослини, вирощені за дії «Вермийодісу» і «Вермимагу» відповідно.

Установлено, що рослини *C. officinalis* та *M. recutita*, вирощені в умовах Західного Лісостепу характеризуються достовірно вищим ( $p < 0,05$ ) вмістом фракцій хлорофілу *a* і *b* порівняно із рослинами, культивованими в умовах Передкарпаття. Уважаємо, що це головню зумовлено впливом екологічного фактора – хімічним складом ґрунту дослідних ділянок у зоні Передкарпаття та Західного Лісостепу. У зоні Західного Лісостепу ґрунт більше збагачений поживними елементами, зокрема, вміст рухомих форм фосфору (за Чириковим) в орному шарі становить 132 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення – підвищений), а у Передкарпатті цей показник становить 89 мг/кг ґрунту (ступінь забезпечення – середній) (див. п. 3.2.1). Фосфор, як один із ключових елементів мінерального живлення рослин, відіграє надзвичайно важливу роль у метаболізмі рослин, оскільки входить до складу нуклеїнових кислот і нуклеотидів, ліпідів мембран ензимів та проміжних продуктів процесу фотосинтезу і дихання [278; 282; 283; 287].

Важливим показником фотосинтетичної активності є відношення хлорофілів *a/b*. Цей критерій дає змогу охарактеризувати вимоги рослин до умов освітлення, а за впливу стресових факторів він може бути використаний як маркер стресостійкості [279]. У наших дослідженнях показано, що у культивованих рослин *C. officinalis* цей показник становить 3,7–4, а у рослин *M. recutita* 3–3,1, що вважається оптимальним для світлолюбних рослин. Виявлено, що за рахунок внесення біостимуляторів росту під час культивування рослин інтенсивніше відбувається фотосинтез, проте важливо, що показник співвідношення хлорофілів залишається сталим для усіх варіантів досліду.

З'ясовано лінійну залежність між вмістом хлорофілів та врожайністю. Зокрема, для рослин *C. officinalis* в умовах Передкарпаття –  $r=0,968$ , а в умовах



Західного Лісостепу –  $r=0,978$ . У рослин *M. recutita* більш виражену кореляцію помічено у результаті вирощування рослин в агроекологічних умовах зони Західного Лісостепу ( $r=0,972$ ) порівняно з агроекологічними умовами Передкарпаття ( $r=0,954$ ).

Синтез фотосинтетично активних пігментів залежить від клімату. За умов посухи та різких коливань температури протягом періоду вегетації, а також внаслідок проливних дощів спостерігали зниження вмісту пігментів. Найбільш сприятливими були метеорологічні умови 2016 р.

У результаті фотосинтезу також відбувається утворення АФК, тому важливо з'ясувати механізми функціонування стану антиоксидантної системи рослин, зокрема, активність ензимів та вмісту продуктів ПОЛ.

СОД виступає у ролі одного із провідних ензимів антиоксидантної системи, сприяючи захисту клітини від АФК [288]. Він каталізує реакцію дисмутації супероксидного аніон радикалу  $O_2^-$  до  $O_2$  та  $H_2O_2$ , зумовлюючи регуляцію внутрішньоклітинної концентрації вільних радикалів кисню [33]. Активність СОД у різних органах рослин – різна. Це залежить від виду рослин, фізіологічних фаз росту та розвитку, а також посилення впливу стресових факторів [85].

З'ясовано особливості перебігу фізіолого-біохімічних процесів у суцвіттях рослин *C. officinalis* та *M. recutita* за активністю ензимів та редокс-станом клітин під час фенологічної фази цвітіння. Результати аналізу засвідчили, що активність ензиму практично однакова у листках та суцвіттях рослин; на прикладі рослин *C. officinalis* показано, що її активність у цих органах є вищою, ніж у коренях та стеблах.

Підвищення активності СОД у суцвіттях рослин *C. officinalis* та *M. recutita*, культивованих за внесення «Вермимагу» та «Вермийодісу», сприяє нормалізації окисно-відновних процесів, що відбуваються у клітинах рослин.

Порівняльний аналіз активності ензиму у рослин, вирощених за різних агроекологічних умов, – на дерново-підзолистому середньосуглинковому ґрунті Передкарпатті та темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного

Лісостепу, показав, що вірогідної різниці між активністю СОД у досліджуваних зразках немає.

Унаслідок активності СОД генерується гідроген пероксид, нейтралізація якого забезпечується каталазою і пероксидазою, тому доцільним було визначення активності цих ензимів у суцвіттях досліджуваних рослин *C. officinalis* та *M. recutita*.

Пероксидаза виконує роль регулятора процесів диференціації клітин, забезпечує регуляцію гормонального фону, а також сприяє стресостійкості рослин. Надмірно висока активність ензиму свідчить про наявність стресу, проте під час низької активності пероксидази спостерігається сповільнення фізіологічних процесів у рослинах [265].

З'ясовано підвищення активності ензиму за внесення «Вермимагу» порівняно з контролем під час вирощування рослин *C. officinalis* та *M. recutita* в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу, а також за внесення «Вермийодісу» під час культивування рослин *C. officinalis* в умовах Західного Лісостепу. Наші дослідження узгоджуються із результатами досліджень інших науковців [54], які констатували підвищення активності пероксидази у проростків соняшника за внесення регуляторів росту «Регоплант» та «Стимпо» порівняно з контролем, що забезпечувало збільшення переносу кисню з певних субстратів на пероксид водню.

Каталаза забезпечує регуляцію вмісту пероксиду водню в організмі за нормальних фізіологічних умов, при цьому запобігаючи його токсичній дії, а також відіграє важливу роль у процесі старіння рослин. У рослинних клітинах означений ензим локалізований у пероксисомах і цитозолі [24]. Проведені дослідження [28] активності антиоксидантних ензимів рослин пшениці полби звичайної за дії регулятора росту «Вуксал БЮ Vita» засвідчили зростання активності каталази на 19,4 % порівняно із контролем. На думку авторів В. Карпенка і С. Павлишина, активізація ензиматичної активності у результаті впливу стимуляторів росту може бути зумовлена прискоренням метаболічних процесів у клітинах рослин.

За результатами власних досліджень з'ясовано, що застосування біостимуляторів росту «Вермимаг» і «Вермийодіс» під час культивування рослин *C. officinalis* та *M. recutita* зумовлюють вищу активність ензиму у середньому на 15,8–23,4 %. Це може бути спричинено впливом нативних фітогормонів, що входять до складу біостимуляторів. Науковці виявили лінійну залежність між активністю ауксинів (ендо- чи екзогенного походження) та активністю каталази [206]. Вважаємо, що це також може бути пов'язано із залежністю активності ензиму від процесу фотосинтезу [193], який зі свого боку залежить від концентрації фотосинтетично активних пігментів.

У результаті стресу, якого завдають рослині екзогенні чинники відбувається руйнування клітинних мембран, що спричиняє зміни ПОЛ. У багатьох дослідженнях показано, що внесення регуляторів росту позитивно впливає на прооксидантно-антиоксидантні процеси у клітинах рослин. Так, є дані, що свідчать про зменшення ПОЛ у хвої рослин *Pinus sylvestris* L. за дії регуляторів росту [6], у листках рослин ріпака за внесення регуляторів росту «Регоплант» та «Стимпо» [54], у листках рослин вівса голозерного у результаті застосування біологічного препарату «Альбіт» [29].

За результатами проведених досліджень виявлено зменшення кількості ТБК-активних продуктів у суцвіттях та листках рослин *Calendula officinalis* L. і *M. recutita*, культивованих за внесення біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим». Це сприяє кращому захисту рослин.

Одним із показників стану прооксидантно-антиоксидантних процесів є утворення АК, що завдяки здатності до відновлення вільних радикалів та мінімізації порушення окисного стресу є важливим низькомолекулярним антиоксидантом, який визначає стійкість рослин [33; 156; 258]. До того ж, АК – це біоактивна речовина (вітамін С), джерелом якої є лікарські рослини. У суцвіттях рослин *C. officinalis* та *M. recutita* АК не є фармакологічно активною (діючою) речовиною, однак вступає у синергізм із флавоноїдами, доповнюючи дію один одного.

З'ясовано, що ЛРС *C. officinalis*, вирощена за внесення біостимуляторів, характеризується вищим вмістом АК порівняно з контролем. Показано, що суцвіття рослин *M. recutita*, культивованих за внесення біостимуляторів росту, мають також вищий вміст АК порівняно із контролем, що сприяє кращому захисту рослин, про що також може свідчити відсутність достовірної різниці порівняно із її вмістом у рослин дикорослого виду. На нашу думку, вищий вміст АК у рослин, культивованих в умовах Західного Лісостепу, порівняно із вирощеними в Передкарпатті, пов'язаний із більшим ресурсом поживних речовин у ґрунті, що сприяє синтезу АК [274].

Окрім врожайності, важливим показником сировини лікарських рослин є їхня якість. Вона регламентується вимогами ДФУ. Тому у сировині рослин *C. officinalis* необхідно визначати вміст флавоноїдів, а у сировині *M. recutita* – флавоноїдів та ефірної олії.

Високим вмістом флавоноїдів (у перерахунку на рутин) характеризується лікарська сировина рослин *C. officinalis* ( $1,00 \pm 0,02$ – $1,19 \pm 0,03$  %) і *M. recutita* ( $0,97 \pm 0,02$ – $1,24 \pm 0,06$  %), культивованих за різних агроєкологічних умов. Внесення біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» сприяє збільшенню вмісту флавоноїдів у суцвіттях *C. officinalis* та *M. recutita* у середньому на 9,3–14 %.

З'ясовано, що суцвіття рослин культурного виду *M. recutita* за вмістом ефірної олії відповідають вимогам ДФУ та є сировиною високої якості. Встановлено, що умови культивування не впливають на кількість ефірної олії. Сировина дикорослого виду *M. recutita* не відповідає вимогам. На нашу думку, це може бути пов'язано із генетичними особливостями цих рослин та прооксидантно-антиоксидантними процесами, що відбувалися у їхніх клітинах: нижча активність пероксидази і значно вища активність каталази порівняно із рослинами культурного виду. Таким чином, механізм метаболічних процесів рослин спрямований більшою мірою на знешкодження вільних радикалів. Очевидно, система прооксиданти-антиоксиданти більш чутлива у дикорослих рослин до таких біотичних чинників, як внутрішньовидова взаємодія, динаміка

популяції та міжвидова конкуренція, ніж у культурних видів, де ці фактори контролюються технологією вирощування рослин.

З'ясовано, що біостимулятори росту впливають на вміст каротину у суцвіттях рослин *C. officinalis*, зумовлюючи його зростання на 15–20,2 % у зоні Передкарпаття та на 15,5–23,9 % – Західного Лісостепу порівняно з контролем ( $60,00 \pm 2,14$  та  $56,67 \pm 2,33$  мкг/г маси сирої речовин відповідно). Агроекологічні умови не впливають на вміст каротину у суцвіттях *C. officinalis*.

Ураховуючи вміст БАР, що виявляють антиоксидантні властивості, доцільно дослідити ІАОА екстрактів рослин *C. officinalis* та *M. recutita*. Оскільки лікарська сировина містить БАР, які можуть розчинятися у певних розчинниках, досліджено водні та спиртові (70 %) екстракти суцвіть, які найчастіше застосовуються з лікувальною метою.

Результати дослідження засвідчили, що у водних екстрактах суцвіть рослин *C. officinalis*, для виготовлення яких використовували рослини, культивовані в умовах Передкарпаття, ІАОА фіксується у межах від  $1,1 \pm 0,06$  до  $1,39 \pm 0,07$  мг АК / мл, а у рослин, культивованих у Західному Лісостепу, – від  $1,26 \pm 0,06$  до  $1,57 \pm 0,08$  мг АК / мл. У водних екстрактах суцвіть рослин *M. recutita*, для виготовлення яких використовували рослини, культивовані в агроекологічних умовах Передкарпаття, ІАОА у межах від  $1,13 \pm 0,05$  до  $1,41 \pm 0,07$  мг АК / мл, а у рослин, культивованих у Західному Лісостепу, –  $1,3 \pm 0,06$  –  $1,62 \pm 0,08$  мг АК / мл.

За внесення біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» під час вирощування рослин у їх суцвіттях активізуються процеси синтезу антиоксидантів. Це сприяє вищим показникам ІАОА в екстрактах рослин, які культивували за дії біостимуляторів. Встановлено, що екстракти рослин, культивованих у зоні Західного Лісостепу, позначені вищими показниками порівняно із екстрактами рослин, культивованих в умовах Передкарпаття. Вважаємо, що це відбувається за рахунок комплексної взаємодії БАР.

З'ясовано, що спиртові екстракти суцвіть рослин мають вищу ІАОА в 1,3–1,6 раза порівняно з водними. Це зумовлено кращою розчинністю більшості БАР, зокрема флавоноїдів, каротиноїдів, ефірних олій тощо у спирті, ніж у воді. А

також деякі речовини, наприклад, АК, яка краще розчинна у воді, під впливом високої температури приготування водних екстрактів частково руйнується.

Отримані результати узгоджуються із даними, отриманими в інших працях, у яких досліджували водні та спиртові екстракти лікарських рослин [226].

Отже, з урахуванням екобіологічних чинників можна підвищити врожайність та якість рослинної сировини *C. officinalis* сорту Польова красуня і *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу, культивованих на Заході України. Застосування біостимуляторів «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» сприяє зростанню значень морфометричних показників і врожайності лікарських рослин. Біостимулятори «Вермимаг» і «Вермийодіс» більшою мірою зумовлюють активізацію фізіолого-біохімічних процесів у клітинах досліджуваних рослин. Це виявляється підвищенням вмісту фотосинтетичних пігментів, що має лінійну залежність із врожайністю. Застосування біостимуляторів сприяє активізації антиоксидантної системи, зумовлюючи безпечно для клітин підвищення активності ензимів та пригнічення процесів ліпопероксидації, а також зростанню стійкості рослин до дії стресових чинників.

Біостимулятори росту впливають і на якість рослинної сировини. Зокрема, за їхньої дії зростає вміст АК і каротинів у суцвіттях рослин; «Вермимаг» і «Вермийодіс» зумовлюють підвищення вмісту флавоноїдів. Однак впливу на кількісний вміст ефірної олії у рослинній сировині *M. recutita* біостимулятори не виявляють.

Агроекологічні умови також впливають на фізіологічні процеси розвитку рослин. Кліматичний фактор виявився більш сприятливим для росту і розвитку рослин у 2016 р. Несприятливі для рослин метеорологічні умови компенсує внесення біостимуляторів. Едафічний чинник сприятливіший в умовах Західного Лісостепу, що забезпечує вищі показники врожайності, вмісту фотосинтетичних пігментів і АК.

Культивування рослин *C. officinalis* та *M. recutita* із застосуванням біостимуляторів росту «Вермимаг», «Вермийодіс» і «Вермистим» в агроекологічних умовах Заходу України – зоні Передкарпаття і Західного

Лісостепу є рентабельним. Найвищий чистий прибуток лікарської сировини *C. officinalis* (26090 грн/га) та лікарської сировини *M. recutita* (17170 грн/га) отримано з варіанту із внесенням біостимулятора росту «Вермимаг» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу.

## ВИСНОВКИ

У дисертації досліджено закономірності еколого-біохімічної адаптації рослин *Calendula officinalis* L. і *Matricaria recutita* L. та формування якості лікарської сировини залежно від впливу біостимуляторів росту в різних агроекологічних умовах Заходу України, про що зроблені такі висновки:

1. Біостимулятори росту сприяють вірогідному підвищенню морфометричних показників (висоти, кількості квіткових кошиків на рослині та їх діаметра) рослин *C. officinalis* L. і *M. recutita* L. Найбільша кількість суцвіть *C. officinalis* на одній рослині 16,7 од. із середнім діаметром 5,8 см встановлена за внесення «Вермимагу» в умовах Західного Лісостепу, що відповідно на 25,6 % та 23,4 % вище порівняно з контролем, що сприяло формуванню врожаю 11,1 ц/га, або на 20,7 % вище порівняно з контролем.

2. Найвищі морфометричні показники та врожайність суцвіть рослин *M. recutita* встановлені за внесення біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» на темно-сірому опідзоленому легкосуглинковому ґрунті Західного Лісостепу, який вирізняється вищим потенціалом родючості, зокрема вищим вмістом гумусу та більшим ресурсом доступних форм азоту, фосфору, кальцію і магнію порівняно з дерново-підзолистим поверхнево-оглеєним ґрунтом у досліді в Передкарпатті. Максимальна врожайність – 8,3 ц/га – отримана за внесення «Вермимагу», що на 20,3 % вище порівняно з контролем.

3. Застосування біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» зумовлює підвищення вмісту фракцій хлорофілу *a* і *b* у рослинах у середньому на 13,5–18,3 %. Агроекологічні умови Західного Лісостепу, що характеризуються більшим вмістом поживних речовин у ґрунті, сприяють вірогідно вищому ( $p < 0,05$ ) сумарному вмісту хлорофілів у рослинах *C. officinalis* ( $1,55 \pm 0,06$ – $1,80 \pm 0,09$  мг/г маси сирої речовини) та *M. recutita* ( $3,16 \pm 0,16$ – $2,7 \pm 0,12$  мг/г маси сирої речовини) порівняно із рослинами, культивованими в умовах Передкарпаття. Доведено лінійну залежність між вмістом хлорофілів та врожайністю.



4. Застосування біостимуляторів сприяє активізації антиоксидантної системи, зумовлюючи безпечно для клітин підвищення активності ензимів (СОД, каталази і пероксидази) та пригнічення процесів ліпопероксидації, а також зростанню стійкості рослин до дії стресових чинників. Різні агроєкологічні умови Західного Лісостепу і Передкарпаття не впливають на активність ензимів і процеси ліпопероксидації під час культивування рослин *C. officinalis* та *M. recutita*.

5. Суцвіття рослин нагідок лікарських і ромашки лікарської, вирощених за дії біостимуляторів росту, характеризуються вищим умістом аскорбінової кислоти порівняно із контролем ( $1,14 \pm 0,06$ – $1,3 \pm 0,07$  мкг/г та  $1,56 \pm 0,06$ – $1,78 \pm 0,07$  мкг/г абс. сухої маси суцвітть). Виявлено підвищення вмісту аскорбінової кислоти у рослинах, культивованих в умовах Західного Лісостепу порівняно із рослинами, вирощеними у Передкарпатті.

6. Високим вмістом флавоноїдів (у перерахунку на рутин) характеризується лікарська сировина рослин нагідок лікарських ( $1,00 \pm 0,02$ – $1,19 \pm 0,03$  %) і ромашки лікарської ( $0,97 \pm 0,02$ – $1,24 \pm 0,06$  %), культивованих за різних агроєкологічних умов. Внесення біостимуляторів «Вермимаг» і «Вермийодіс» сприяє збільшенню вмісту флавоноїдів у суцвіттях *C. officinalis* та *M. recutita* у середньому на 9,3–14 %

7. Вперше проведено порівняльний аналіз кількісного вмісту ефірної олії у суцвіттях рослин *M. recutita* сорту Перлина Лісостепу, культивованих в агроєкологічних умовах Заходу України – зоні Передкарпаття та Західного Лісостепу. З'ясовано, що вміст ефірної олії у суцвіттях культивованих рослин становить 0,36–0,40 %, що свідчить про високу якість сировини та відповідає вимогам Державної Фармакопеї України. Агроєкологічні умови зони Західного Лісостепу та Передкарпаття однаково впливають на рівень нагромадження ефірної олії, а біостимулятори росту впливу не виявляють.

8. У суцвіттях нагідок лікарських виявлено високий вміст каротину ( $56,67 \pm 2,33$ – $72,09 \pm 5,12$  мкг/г абс. сухої маси). Внесення біостимуляторів росту сприяє підвищенню його вмісту у середньому на 15–23,9 %. Агроєкологічні

умови зони Західного Лісостепу та Передкарпаття однаково впливають на рівень нагромадження каротину.

9. Екстракти суцвіть *C. officinalis* та *M. recutita*, вирощених в умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу України, володіють антиоксидантною активністю. Інтегральна антиоксидантна активність є вищою в екстрактах суцвіть рослин, вирощених за дії біостимуляторів та в агроекологічних умовах Західного Лісостепу.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі отриманих результатів досліджень з метою підвищення продуктивності і якості лікарської сировини агроформуванням Західної України рекомендується:

1. При розміщенні плантацій лікарських рослин враховувати, що агроекологічні умови зони Західного Лісостепу є сприятливішими для культур *C. officinalis* L. і *Matricaria recutita* L., порівняно з умовами Передкарпаття.

2. На темно-сірих опідзолених легкосуглинкових ґрунтах Західного Лісостепу сівбу лікарських рослин *C. officinalis* L. і *Matricaria recutita* L. проводити навесні за температури 7–8 °С на глибині залягання насіння та при температурі 6–7 °С на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття.

3. Підвищенню врожайності та якості сировини лікарських рослин *C. officinalis* L. і *Matricaria recutita* L. в агроекологічних умовах Передкарпаття та Західного Лісостепу сприяє застосування біостимуляторів росту «Вермимаг» та «Вермийодіс» під час вегетації рослин у нормі по 5 л/га у два прийоми: перше внесення – у фазі сходів, друге – у фазі бутонізації.

## **ДОДАТКИ**



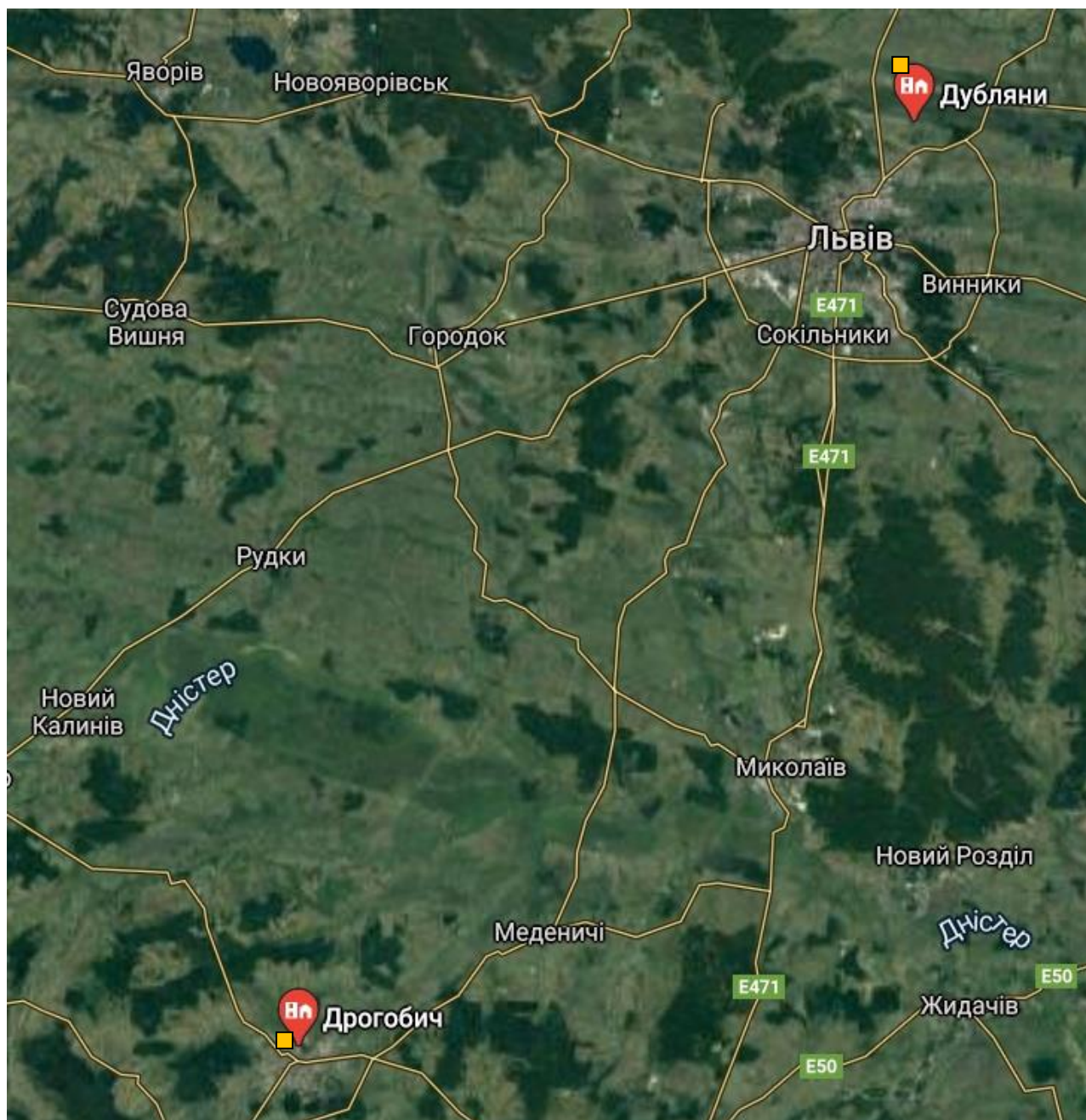


Рис. А.2. Локалізація дослідних ділянок

■ - локалізація дослідної ділянки



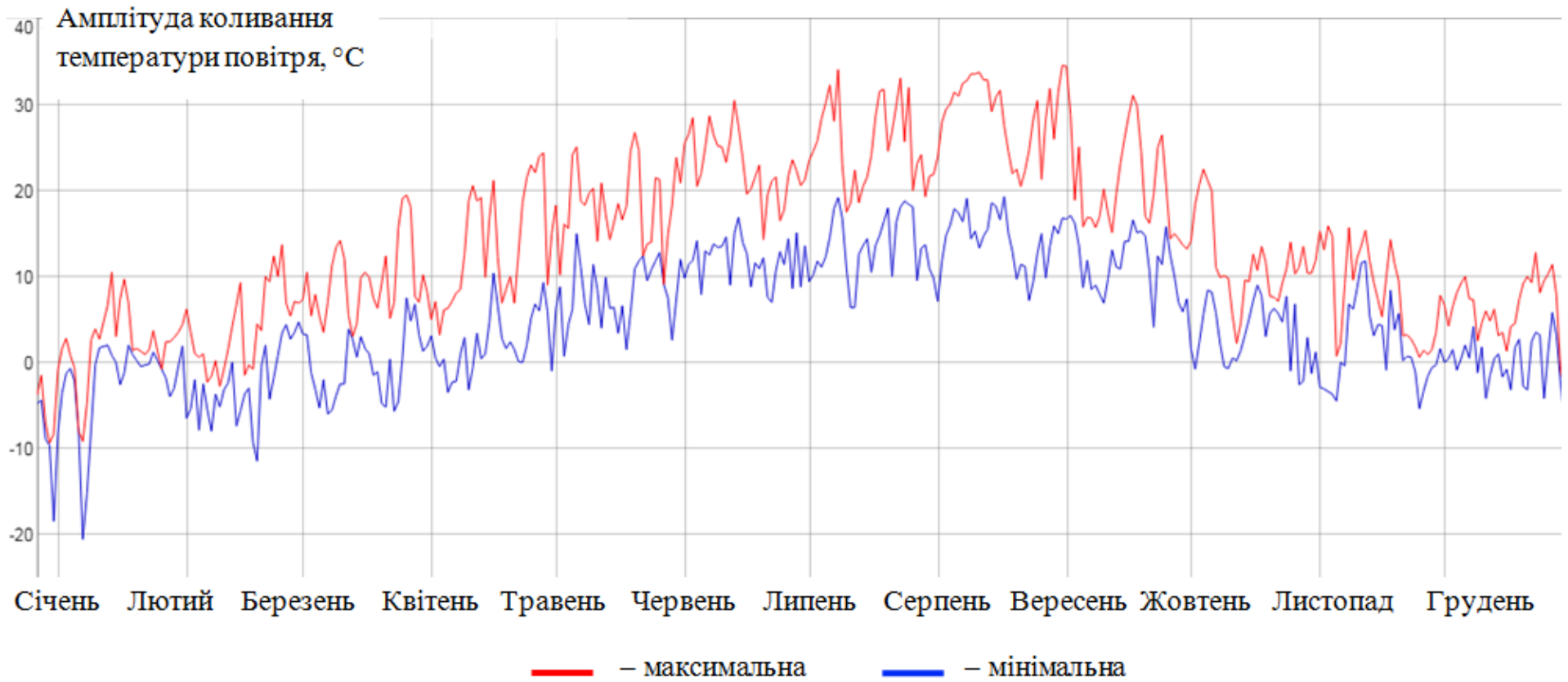


Рис. А.3. Річна динаміка температури повітря упродовж 2015 року за даними Львівського метеопоста [257]

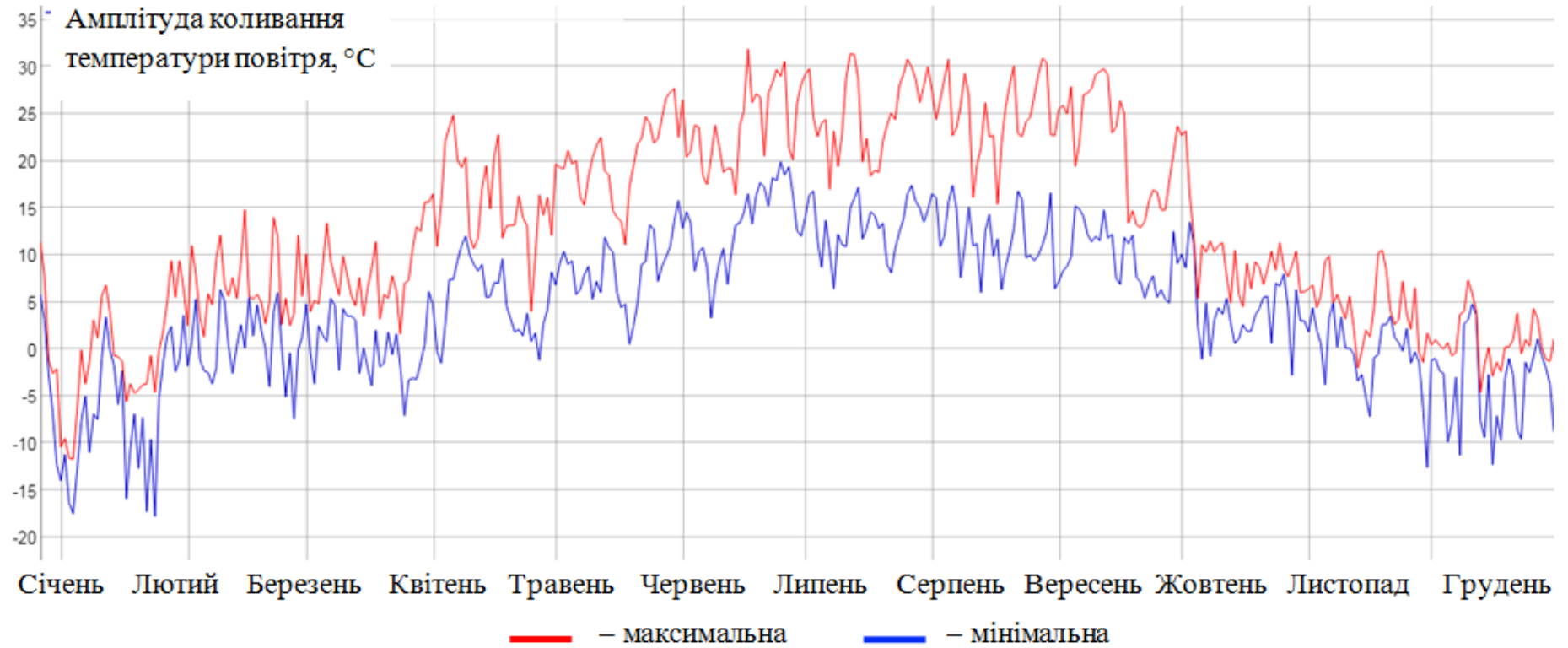


Рис. А.4. Річна динаміка температури повітря упродовж 2016 року за даними Львівського метеопоста [257]

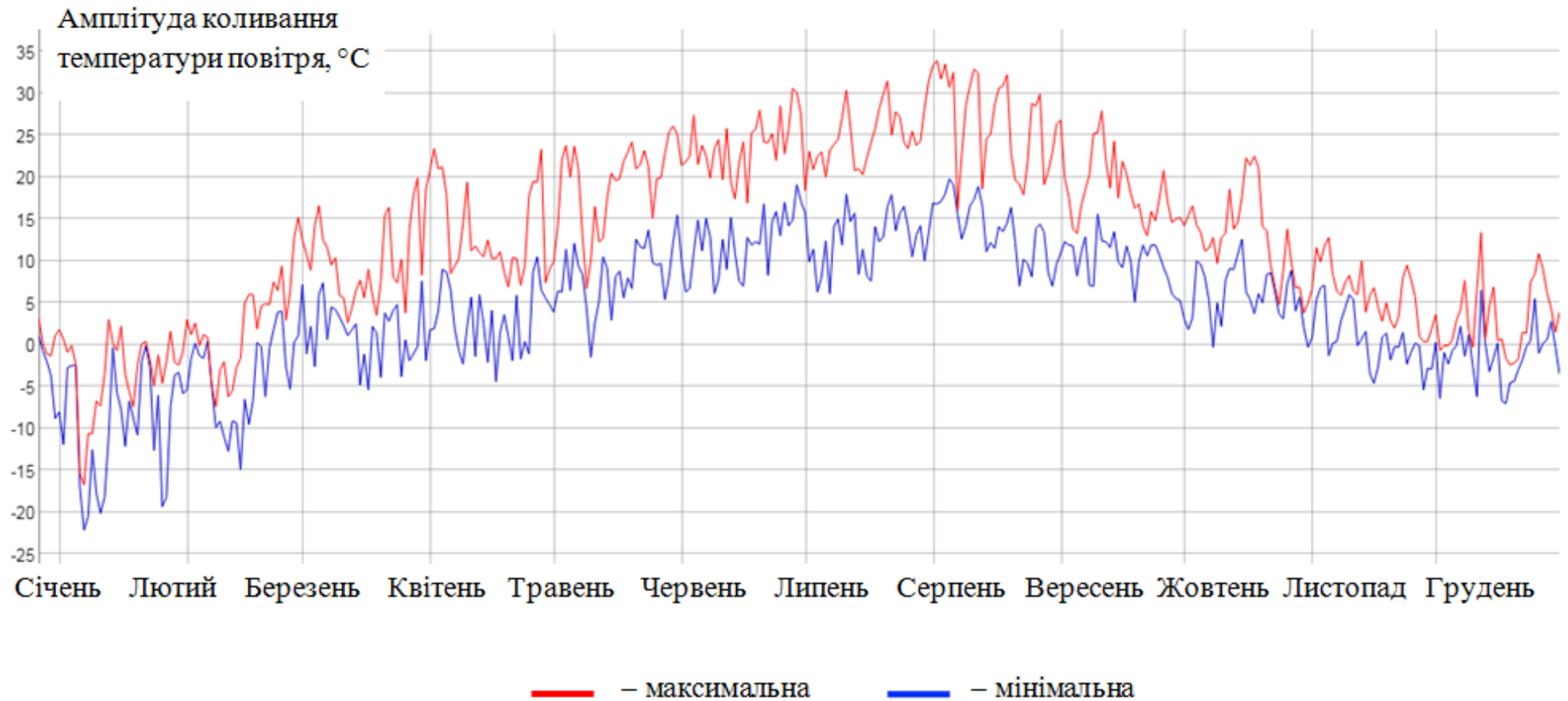


Рис. А.5. Річна динаміка температури повітря упродовж 2017 року за даними Львівського метеопоста [257]



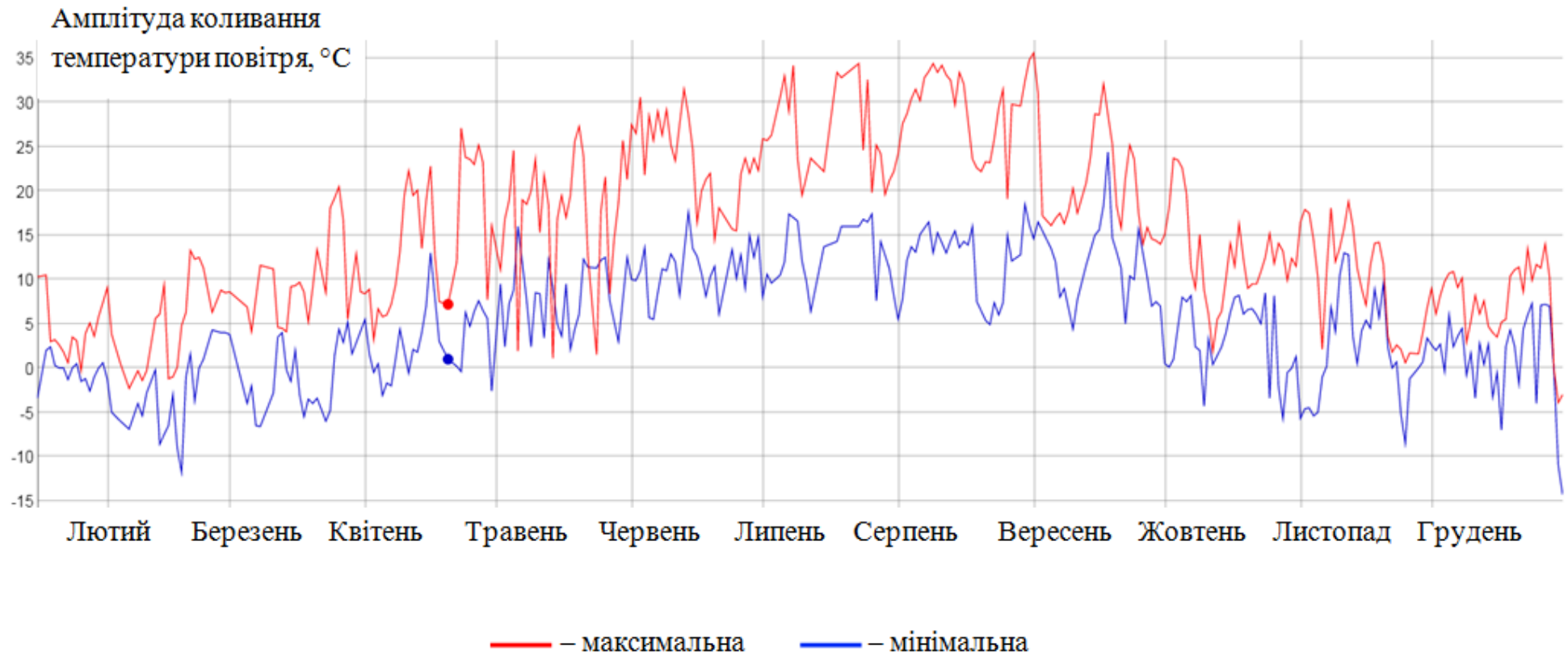


Рис. А.6. Річна динаміка температури повітря упродовж 2015 року за даними Дрогобицького метеопоста [257]

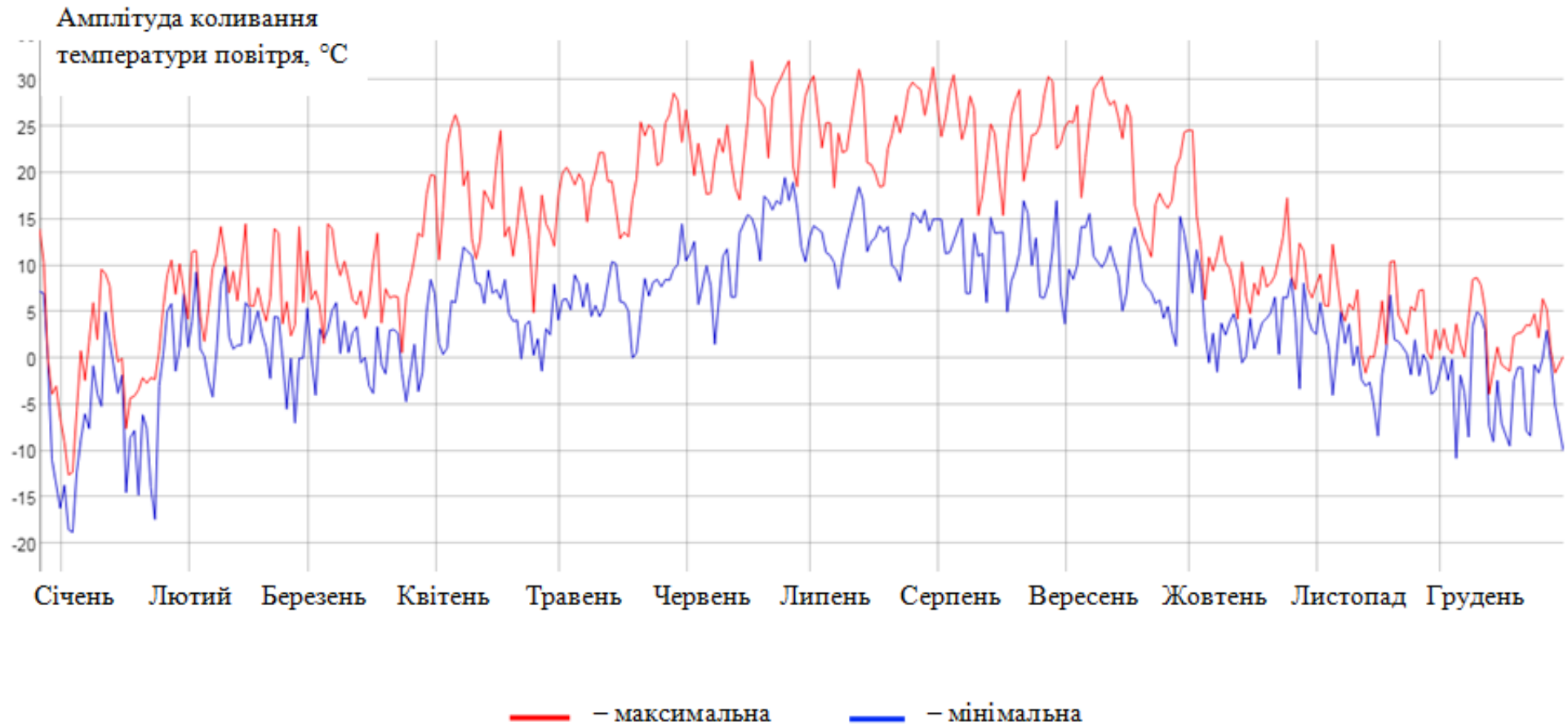


Рис. А.7. Річна динаміка температури повітря упродовж 2016 року за даними Дрогобицького метеопоста [257]

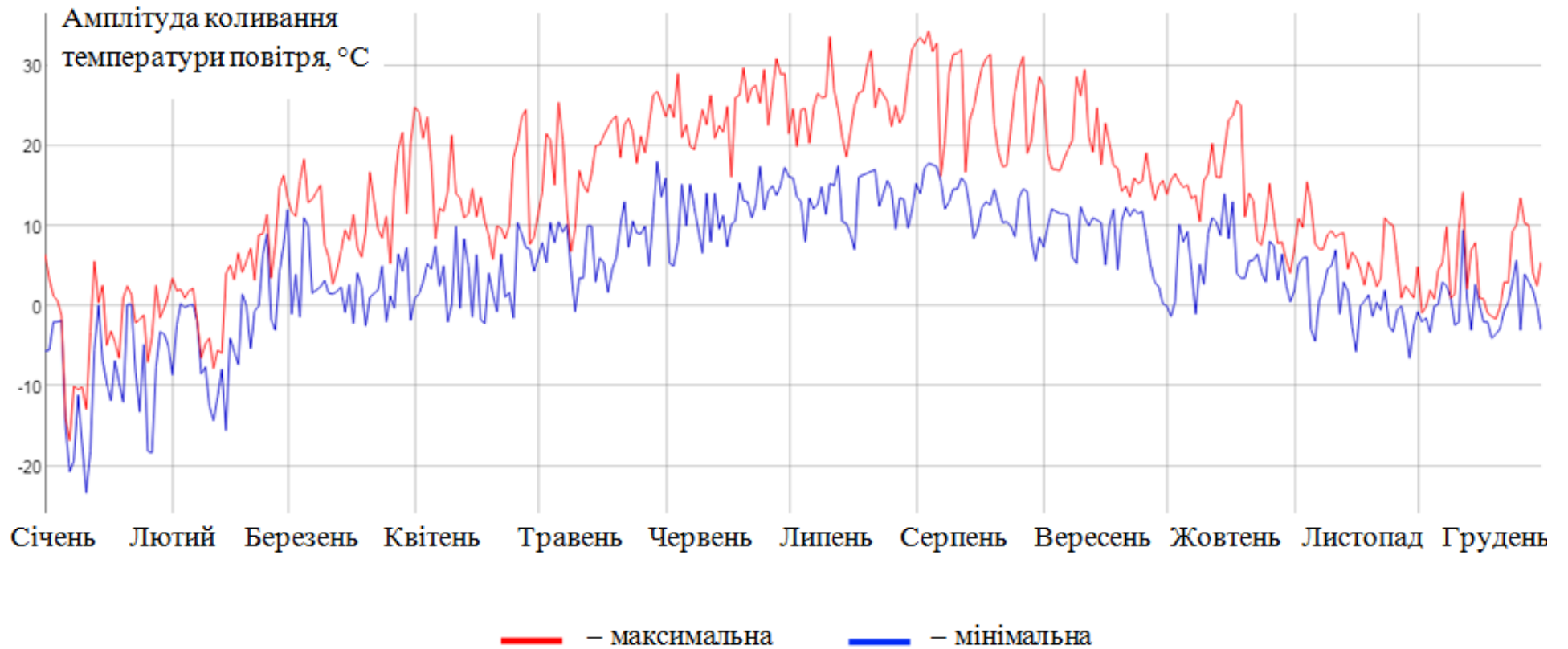


Рис. А.8. Річна динаміка температури повітря упродовж 2017 року за даними Дрогобицького метеопоста [257]



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова ФГ Цана Р. М.

Цан Р. М.

10 жовтня 2019 року

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**  
**результатів дисертаційної роботи Лупак Оксани Миколаївни**  
**на тему: «Еколого-біохімічні засади застосування біостимуляторів при**  
**виращуванні лікарських рослин на Заході України»**

10 жовтня 2019 року

с. Іванівці

Цим актом підтверджуємо впровадження рекомендацій із дисертаційної роботи Лупак Оксани Миколаївни на тему: «Еколого-біохімічні засади застосування біостимуляторів при виращуванні лікарських рослин на Заході України» у ФГ Цана Р. М. с. Іванівці Жидачівського району Львівської області за такими позиціями:

1. Використання біостимуляторів росту «Вермимаг» та Вермийодіс» (норма внесення – 5 л/га) у фенологічних фазах сходів та бутонізації під час культивування лікарських рослин *Calendula officinalis* L. сорту Польова красуня та *Matricaria recutita* L. сорту Перлина Лісостепу на дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах в умовах ФГ Цана Р. М. сприяло зростанню біометричних показників (висоти, кількості квіток на рослині, їх діаметр) та врожайності лікарської сировини *C. officinalis* на 1,2-1,4 ц/га та *M. recutita* на 0,9-1,1 ц/га.

2. Під впливом адаптивних прооксидантно-антиоксидантних метаболічних процесів, активізованих біостимуляторами росту рослин було забезпечено високу якість сировини *C. officinalis* та *M. recutita* із вмістом біологічно активних речовин на 12-23 % більше порівняно із контролем (без внесення біостимуляторів росту).

**Від розробника рекомендацій:****Викладач кафедри анатомії,  
фізіології та валеології****Дрогобицького державного  
педагогічного університету  
імені Івана Франка**

Лупак О. М.

**Від виробництва:**

Цан Р. М.



«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Проректор з науково-педагогічної роботи  
 Дрогобицького державного педагогічного  
 університету імені Івана Франка  
*[Signature]* канд. фіз.-мат. наук, доц. Шаран В. Л.  
 «*12*» *12* 20*20* року

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**  
**результатів дисертаційної роботи Лупак Оксани Миколаївни**  
**на тему: «Еколого-біохімічні засади застосування біостимуляторів при**  
**виращуванні лікарських рослин на Заході України»**  
**у навчальний процес біолого-природничого факультету**

Впродовж 2018-2020 років у навчальний процес для підготовки здобувачів вищої освіти ступеня бакалавра, які навчаються на біолого-природничому факультеті за спеціальностями 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) та 091 Біологія впроваджені результати дисертаційної роботи викладача кафедри анатомії, фізіології та валеології Лупак Оксани Миколаївни на тему: «Еколого-біохімічні засади застосування біостимуляторів при виращуванні лікарських рослин на Заході України» на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія під час викладання навчальних дисциплін «Фізіологія рослин», «Основи сільського господарства», «Рослинність України», «Біологія лікарських рослин» та при виконанні курсових робіт.

Декан біолого-природничого факультету  
 кандидат біологічних наук, доцент

С. Я. Волошанська

Завідувач кафедри біології та хімії  
 кандидат біологічних наук, доцент

С. С. Монастирська