

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ФЕДОСОВ ЯКІВ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 631.811:631.559:635.744(477.7)

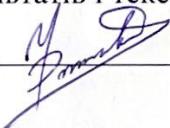
ДИСЕРТАЦІЯ
ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ НА
ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО В УМОВАХ
ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

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


_____ Я.С. Федосов

Науковий керівник: ХОНЕНКО ЛЮБОВ ГРИГОРІВНА,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Миколаїв – 2026 р.

АНОТАЦІЯ

Федосов Я. С. Вплив біологічно активних препаратів на продуктивність сортів гісопу лікарського в умовах Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агронімія (20 Аграрні науки та продовольство). – Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв, 2026.

Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) – багаторічна ефіроолійна культура родини Lamiaceae, яка містить комплекс біологічно активних речовин, зокрема ефірні олії (понад 0,5 %), флавоноїди, дубильні речовини, органічні кислоти та вітаміни. Завдяки антисептичній, протизапальній, відхаркувальній та тонізуючій дії гісоп має високий попит у фармацевтичній, харчовій та парфумерній галузях. В умовах Південного Степу України, де поширені дефіцит вологи, високі температури та нестабільність погодних умов, вирощування гісопу потребує адаптованих технологій із використанням біостимуляторів та органо-мінеральних добрив, здатних підвищувати продуктивність і якість сировини без шкоди для довкілля.

Мета дослідження полягала у науковому обґрунтуванні впливу біологічно-активних препаратів на продуктивність та господарсько-цінні ознаки рослин гісопу лікарського сортів Маркіз, Національний та Водограй за вирощування в умовах Південного Степу України.

Встановлено, що виживаність рослин першого року життя досягала 96,0 % у сорту Маркіз, 94,2 % – у Національного та 92,8 % – у Водограю. Оптимальна технологія живцювання (довжина живців 15 см та замочування у препараті Чаркор 6 год) забезпечувала найвищий рівень укорінення: Маркіз – 91,4 %, Національний – 89,7 %, Водограй – 88,2 %. Подовження експозиції до 12 год знижувало укорінюваність на 10–12 %, особливо у сортів з меншою початковою регенераційною здатністю. Хелпрост БТУ давав стабільний результат (82,1–83,4 %), перевищуючи контроль на 20 %.

Показник SPAD, отриманий за допомогою приладу SPAD-502 (Konica Minolta, Японія), є індикатором вмісту хлорофілу та, відповідно, інтенсивності фотосинтезу в рослинах. Високі значення SPAD свідчать про активне нарощування вегетативної маси, що типово для фази інтенсивного росту. Проте, важливо зважати на можливий дисбаланс розподілу асимілянтів, особливо у багаторічних рослин в перший рік вегетації, коли відбувається одночасний розвиток надземної частини та кореневої системи. Надмірний відтік поживних речовин до листя може пригнічувати розвиток коренів, впливаючи на адаптацію та перезимівлю. Застосування Biochar Aktive + Граундфікс® сприяло підвищенню SPAD-індексу на 3–4 одиниці порівняно з контролем, що позитивно корелювало з виживаністю рослин ($r=0,82$), при цьому у сорту Маркіз SPAD досягав 33,0 од., у сорту Національний – 32,8, у сорту Водограй – 32,5. Оптимальні значення SPAD, свідчать про сприятливі умови для формування кореневої системи у перший рік їхнього життя.

Аналіз даних показав вплив кліматичних умов, зокрема відсутність стійкого снігового покриву та низьких температур взимку, на ріст та розвиток рослин. У 2024 році сорт Маркіз, що має синьо-фіолетове забарвлення віночка продемонстрував більшу стійкість до несприятливих умов вегетації, характеризуючись найбільшими суцвіттями та тривалим цвітінням, тоді як сорт Національний, що має рожеве забарвлення віночка сформував найбільші за діаметром кущі. Сорт Водограй, відрізняючись компактністю куща та раннім завершенням цвітіння, показав розвинені квітконоси, що є важливим фактором врожайності.

Морфологічні ознаки гісопу лікарського — висота рослин, кількість пагонів першого та другого порядку, кількість суцвіть — є ключовими критеріями формування потенційної урожайності зеленої маси гісопу лікарського, особливо при оцінці ефективності сортів і внесення біологічно активних препаратів в умовах змін клімату. За результатами дослідження, на фоні комбінованого застосування Biochar Aktive та Граундфікс® рослини сорту Маркіз продемонстрували найвищі морфометричні показники серед усіх

досліджуваних варіантів. Відмічено збільшення висоти рослин до 64,4 см, що більше за контроль (без обробки) на 11%, кількості гілок першого порядку становила 21 шт., більше за контроль (без обробки) на 17%, гілок другого порядку – 51 шт., що перевищує за контроль (без обробки) на 82% та кількості суцвіть – 29 шт., що перевищує за контроль (без обробки) на 81% відповідно. Комбіноване внесення біологічно активних препаратів сприяє інтенсивному галуженню та посиленню генеративного розвитку, що, в свою чергу, позитивно впливає на підвищення врожайності зеленої маси. Сорт Національний продемонстрував помірну чутливість до внесення біологічно активних препаратів. У порівнянні з контрольним варіантом, спостерігалось збільшення висоти рослин до 55,6 см, що становить приріст у 9%. Крім того, кількість гілок першого порядку становила 20 штук, збільшення у порівнянні з контролем на 25%, гілок другого порядку – 47 штук, збільшення на 15%, а кількість суцвіть становило 26 штук, що більше за контроль на 24% відповідно. Сорт Водограй у варіанті застосування Biochar Aktive + Граундфікс® відзначено помірне покращення морфологічних показників рослин порівняно з контролем (без обробки). Зокрема, висота рослин збільшилася до 58,2 см, що становить приріст у 16% порівняно з контрольним варіантом. Кількість гілок першого порядку становила 20 штук, збільшення до контролю на 25%, а гілок другого порядку – 40 штук, що більше за контроль на 14% відповідно. При цьому, кількість суцвіть майже не змінилася, залишаючись в межах 19-20 штук, різниці між варіантами не встановлено.

В умовах півдня України, де посушливість обмежує продуктивність сільськогосподарських культур, гісоп лікарський виявляється перспективним завдяки своїй відносній невибагливості до вологи. Дослідження показали, що водоспоживання гісопу залежить від сорту та системи живлення. Зокрема, сорт Маркіз продемонстрував найменший коефіцієнт водоспоживання – 432 м³/т (за умови використання Biochar Aktive + Граундфікс®), що на 11–15 % менше, ніж у сортів Водограй (480 м³/т) та Національний (455 м³/т). Навіть у посушливому

2024 році ефективність використання води гісопом зберігалася на рівні +7–10 % відносно контрольних показників.

Показник урожайності зеленої маси в грамах на рослину є важливим критерієм для оцінки продуктивності гісопу лікарського, оскільки відображає здатність рослини ефективно використовувати наявні ресурси для нарощування вегетативної маси, багатой на цінні біологічно активні сполуки. Відмічено, що продуктивність зеленої маси зростає з віком насаджень, досягаючи максимальних значень на другий рік вирощування, зокрема у сорту Маркіз – 6,61 т/га (2023 р.), сорт Національний – 6,12 т/га, та сорт Водограй – 4,98 т/га. На третій рік спостерігалось зниження урожайності на 18–27 % залежно від сорту та погодних умов, проте цей показник залишався на 30–49 % вищим за контрольні значення, без використання біологічно активних препаратів.

Основною метою промислового вирощування гісопу лікарського є отримання ефірної олії, що міститься в надземних частинах рослини, включаючи листя, пагони та суцвіття. Господарська цінність культури визначається вмістом ефірної олії у біомасі та якісним складом летких сполук. Важливо зазначити, що обсяг ефірної олії не завжди прямо пропорційний загальній продуктивності рослин, оскільки на її синтез впливають еколого-фізіологічні фактори, такі як вологість ґрунту та повітря, інтенсивність сонячного випромінювання, фітосанітарний стан і фаза розвитку рослин під час збирання. Вміст ефірної олії варіює залежно від віку насаджень та живлення. У 2024 році максимальний умовний валовий збір ефірної олії сорту Маркіз склав 66,64 л/га, Національний – 61,24 л/га, Водограй – 62,12 л/га (на третій рік). Застосування комбінації Biochar Aktive + Граундфікс® підвищувало умовно валовий збір ефірної олії на 30–35 % порівняно з контрольними ділянками.

Компонентний склад ефірної олії гісопу лікарського відіграє вирішальну роль у визначенні її функціонального призначення та комерційної цінності в різних секторах, включаючи фармацевтику, харчову та косметичну промисловість. Основними біоактивними сполуками ефірної олії гісопу є монотерпени та монотерпенові кетони, такі як 1,8-цинеол (евкаліптол), камфора,

пінен, β -пінен, ліналоол, терпінен-4-ол, гераніол, ізопінон і метилевгенол. Особливу увагу в науковій літературі приділяють 1,8-цинеолу та камфорі, що мають виражену фармакологічну активність. Хроматографічний аналіз виявив домінування ізопінокамфону (51,73 % у сорті Маркіз) та пінокамфону (9,99 % у сорті Маркіз), із сумарною ідентифікацією 91,94–93,02 % летких компонентів, що вказує на кетонний хемотип з вираженими антисептичними властивостями.

Економічний аналіз трирічних насаджень гісопу лікарського підтвердив доцільність внесення біологічно активних препаратів. У сорту Маркіз при застосуванні Biochar Active + Граундфікс® прибуток становив 53,76 тис. грн/га, рентабельність – 269,82 %, собівартість ефірної олії – 378,56 грн/л. У сорту Національний прибуток досягав 39,09 тис. грн/га, рентабельність – 196,18 %, собівартість ефірної олії – 472,69 грн/л., у сорту Водограй – 40,13 тис. грн/га, рентабельність – 201,41 %, собівартість ефірної олії – 464,48 грн/л. Окреме внесення Граундфіксу забезпечувало стабільні 107,87–155,95 % рентабельності за нижчої обівартості.

Отримані результати підтверджують, що гісоп лікарський є високопродуктивною, економічно вигідною та екологічно безпечною культурою, перспективною для промислового вирощування у посушливих регіонах Південного Степу України.

Ключові слова: *гісоп лікарський, сорт, ефірна олія, укорінення живців, приживлення саджанців, коефіцієнт виживання, SPAD-індекс, вміст хлорофілу, біологічно-активні препарати, система удобрення, регулятори росту рослин, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, зелена маса, продуктивність, урожайність.*

ABSTRACT

Fedosov Ya.S. The influence of biologically active preparations on the productivity of varieties of medicinal hyssop in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. – Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 Agronomy (20 Agricultural sciences and food). – Mykolaiv National Agrarian University, Mykolaiv, 2026.

Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) is a perennial essential oil crop of the Lamiaceae family, which contains a complex of biologically active substances, including essential oils (over 0.5%), flavonoids, tannins, organic acids, and vitamins. Due to its antiseptic, anti-inflammatory, expectorant, and tonic properties, hyssop is in high demand in the pharmaceutical, food, and perfumery industries. In the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, characterized by moisture deficit, high temperatures, and unstable weather conditions, hyssop cultivation requires adapted technologies using biostimulants and organo-mineral fertilizers capable of increasing productivity and raw material quality without harming the environment.

The aim of the study was the scientific substantiation of the influence of biologically active agents on the productivity and economically valuable traits of *Hyssopus officinalis* L. cultivars Markiz, Natsionalnyi, and Vodohrai when grown under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.

It was found that the survival rate of first-year plants reached 96.0% for the Markiz cultivar, 94.2% for Natsionalnyi, and 92.8% for Vodohrai. The optimal rooting technology (cuttings length of 15 cm and soaking in the Charkor preparation for 6 hours) provided the highest rooting level: Markiz – 91.4%, Natsionalnyi – 89.7%, Vodohrai – 88.2%. Extending the exposure time to 12 hours reduced the rooting ability by 10–12%, especially in cultivars with lower initial regenerative capacity. Helprost BTU gave a stable result (82.1–83.4%), exceeding the control by 20%.

The SPAD index, obtained using the SPAD-502 device (Konica Minolta, Japan), is an indicator of chlorophyll content and, accordingly, the intensity of photosynthesis

in plants. High SPAD values indicate active accumulation of vegetative mass, which is typical for the phase of intensive growth. However, it is important to consider the potential imbalance in assimilate distribution, especially in perennial plants during the first year of vegetation, when the above-ground part and the root system develop simultaneously. Excessive nutrient flow to the leaves can inhibit root development, affecting adaptation and overwintering. The application of Biochar Active + Groundfix[®] contributed to an increase in the SPAD index by 3–4 units compared to the control, which positively correlated with plant survival ($r=0.82$). The SPAD index reached 33.0 units for Markiz, 32.8 for Natsionalnyi, and 32.5 for Vodohrai. These optimal SPAD values indicate favorable conditions for the formation of the root system in their first year of life.

Data analysis showed the influence of climatic conditions, particularly the lack of stable snow cover and low winter temperatures, on plant growth and development. In 2024, the Markiz cultivar, which has a blue-violet corolla color, demonstrated greater resistance to unfavorable growing conditions, characterized by the largest inflorescences and prolonged flowering, while the Natsionalnyi cultivar, with a pink corolla, formed the largest diameter bushes. The Vodohrai cultivar, distinguished by its compact bush and early completion of flowering, showed well-developed flower stems, which is an important yield factor.

Morphological traits of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.)—including plant height, number of first- and second-order shoots, and number of inflorescences—are key criteria for shaping the potential yield of hyssop green mass, particularly when evaluating the efficacy of cultivars and the application of biologically active compounds under changing climatic conditions.

The study showed that combined application of Biochar Aktive and Groundfix[®] significantly enhanced morphometric indicators. The Marquiz cultivar demonstrated the highest performance, showing an increase in plant height up to 64.4 cm (11% higher than control), the number of first-order branches up to 21 (17% higher), second-order branches up to 51 (82% higher), and inflorescences up to 29 (81% higher). This

suggests that the combined application of these bioactive agents promotes intensive branching and generative development, positively impacting green mass productivity.

The Natsionalnyi cultivar showed moderate responsiveness, with increases across all parameters, including plant height up to 55.6 cm (9% increase) and an increase in the number of first- and second-order branches by 25% and 15%, respectively. The Vodohrai cultivar showed a moderate increase in plant height and branching, but the number of inflorescences remained almost unchanged (19–20 units). In the Vodograi variety, the application of Biochar Active + Groundfix® resulted in a moderate improvement in plant morphological parameters compared to the control (untreated). Specifically, plant height increased to 58.2 cm, representing a 16% gain over the control. The number of first-order branches was 20, a 25% increase over the control, and second-order branches numbered 40, which is 14% more than the control. However, the number of inflorescences remained largely unchanged, staying within 19–20 pieces, with no significant difference observed between the variants.

In the conditions of Southern Ukraine, where aridity limits the productivity of agricultural crops, hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) proves to be promising due to its relative drought tolerance. Research showed that hyssop's water consumption depends on the variety and fertilization system. Notably, the Markiz variety demonstrated the lowest water consumption coefficient (432 m³/t) when treated with Biochar Active + Groundfix®, which is 11–15% lower than in the Vodograi (480 m³/t) and Natsionalnyi (455 m³/t) varieties. Even in the dry year of 2024, hyssop's water use efficiency was maintained at a level of +7–10% relative to control indicators.

The green mass yield in grams per plant is a critical criterion for assessing the productivity of hyssop, as it reflects the plant's ability to efficiently utilize available resources to build up vegetative mass rich in valuable biologically active compounds. It was noted that green mass productivity increases with the age of the plantings, reaching maximum values in the second year of cultivation: Markiz – 6.61 t/ha (2023), Natsionalnyi – 6.12 t/ha, and Vodograi – 4.98 t/ha. A decrease in yield of 18–27% was observed in the third year, depending on the variety and weather conditions, but this

figure remained 30–49% higher than control values (without the use of biologically active preparations).

The main goal of industrial hyssop cultivation is to obtain essential oil contained in the above-ground parts of the plant. The economic value of the crop is determined by the essential oil content in the biomass and the qualitative composition of volatile compounds. It is important to note that the volume of essential oil is not always directly proportional to the total plant productivity, as its synthesis is influenced by eco-physiological factors. In 2024, the maximum conditional gross essential oil yield for the Markiz variety was 66.64 l/ha, Natsionalnyi – 61.24 l/ha, and Vodograi – 62.12 l/ha (in the third year). The combined application of Biochar Active + Groundfix® increased the conditional gross essential oil yield by 30–35% compared to the control plots.

The component composition of hyssop essential oil plays a crucial role in determining its functional and commercial value. The main bioactive compounds are monoterpenes and monoterpene ketones, such as 1,8-cineole (eucalyptol), camphor, pinene, beta-pinene, linalool, terpinen-4-ol, geraniol, isopinocampone, and methyleugenol. Chromatographic analysis revealed the dominance of isopinocampone (51.73% in Markiz) and pinocampone (9.99% in Markiz), with a total identification of 91.94–93.02% of volatile components, indicating a ketone chemotype with pronounced antiseptic properties.

The economic analysis of three-year hyssop plantings confirmed the expediency of applying biologically active preparations. For the Markiz variety using Biochar Active + Groundfix®, the profit was 53.76 thousand UAH/ha, profitability – 269.82%, and essential oil cost – 378.56 UAH/l. For the Natsionalnyi variety, the profit reached 39.09 thousand UAH/ha, profitability – 196.18%, and essential oil cost – 472.69 UAH/l. For the Vodograi variety, the figures were 40.13 thousand UAH/ha and 201.41% profitability, with a cost of 464.48 UAH/l. Separate application of Groundfix® ensured stable profitability of 107.87–155.95% at a lower cost.

The results confirm that hyssop is a highly productive, economically viable, and environmentally safe crop with prospects for industrial cultivation in the arid regions of the Southern Steppe of Ukraine.

Keywords: *hyssop, variety, essential oil, cutting rooting, seedling survival, survival rate, SPAD index, chlorophyll content, biologically active preparations, fertilization system, harvest, plant growth regulator, total water consumption, water consumption coefficient, green mass, productivity, yield.*

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Коваленко О. А., Славинський Р. Л., Федосов Я. С., Славинська В. О., Аль-Хамад І. М.. Експериментальне моделювання процесів екстрагування ефірних олій у мікрохвильовому полі. *Наукові праці*. 2023. Т. 87, Вип. 1. С. 109-116. URL: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i1.2700>.

2. Коваленко О. А., Славинський Р. Л., Федосов Я. С., Славинська В. О. Інноваційні методи виробництва ефірних олій. *Scientific Works*. 2024. Т. 88, Вип. 1. С. 149-155. URL: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i1.2978>.

3. Федосов Я. С. Вплив біопрепарату та органо-мінерального добрива на морфологічні показники сортів гісопу лікарського в умовах Півдня України. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 201-207. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.31>

4. Федосов Я. С. Вплив сортових особливостей та фону живлення на урожайність зеленої маси гісопу лікарського. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 187-192. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.30>.

5. Федосов Я. С. Вплив сортових особливостей та кліматичних умов на тривалість міжфазних періодів гісопу лікарського в умовах Півдня України. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 29. С. 173-178. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.28>.

Матеріали науково-практичних конференцій

1. Коваленко О. А., Федосов Я. С. Протипоказання вживання продуктів з вмістом сировини гісопу лікарського. Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 19–21 жовтня 2022 р., Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2022. С. 43–45.

2. **Федосов Я. С.** Укорінення живців гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від способу їх підготовки перед висаджуванням. Сучасні підходи до вирощування та використання малопоширених плодових, декоративних, ароматичних та лікарських рослин для покращення екологічної ситуації в Україні : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 29 серпня 2025 р., м. Одеса : ІКОСГ НААН, 2025. С. 112–115.

3. **Федосов Я. С.** Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського в умовах Південного Степу України. Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 12 вересня 2025 р., м. Одеса : ІКОСГ НААН, 2025. С. 129–130.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1 СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ).....	22
1.1 Народно-господарське значення гісопу лікарського (<i>Hyssopus officinalis</i> L.).....	22
1.2 Морфо-біологічні особливості та сортовий склад гісопу лікарського.....	24
1.3 Біохімічний склад сировини, особливості накопичення ефірної олії в сировині гісопу лікарського та її дистиляція.....	28
1.4 Досвід інтродукції та технології вирощування гісопу лікарського в різних природно-кліматичних зонах.....	36
1.5 Біологічно активні препарати в системі вирощування гісопу лікарського.....	40
Висновки до розділу 1.....	42
Список використаних джерел до розділу 1.....	43
РОЗДІЛ 2 МІСЦЕ, УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	67
2.1 Характеристика ґрунтового покриву дослідних ділянок.....	67
2.2 Кліматична характеристика зони і погодних умов у роки досліджень.....	70
2.3 Матеріали і методика досліджень.....	81
2.4 Характеристика досліджуваних сортів гісопу лікарського та біологічно активних препаратів.....	90
2.5 Агротехніка в досліді.....	97
Висновки до розділу 2.....	101
Список використаних джерел до розділу 2.....	102
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБРОБКИ РОСЛИН РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТУ НА УКОКІНЕННЯ, ВИЖИВАНІСТЬ ЖИВЦІВ ГІСОПУ В ПЕРШІЙ РІК ВЕГЕТАЦІЇ.....	107
3.1 Укорінення живців гісопу лікарського залежно від способу їх підготовки перед висаджуванням.....	107
3.2 Коефіцієнт виживання та величини SPAD-індексу різних сортів гісопу лікарського першого року вегетації.....	111
Висновки до розділу 3.....	119
Список використаних джерел до розділу 3.....	121

РОЗДІЛ 4	ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ.....	123
4.1	Зміна тривалості міжфазних періодів рослин гісопу лікарського залежно від системи внесення біологічно активних препаратів.....	123
4.2	Біометричні показники рослин гісопу лікарського.....	131
4.3	Сумарне водоспоживання та ефективність використання вологи рослинами гісопу лікарського.....	142
4.4	Урожайність зеленої маси гісопу лікарського залежно від сортних особливостей та біологічно активних препаратів.....	153
	Висновки до розділу 4.....	162
	Список використаних джерел до розділу 4.....	164
РОЗДІЛ 5	ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВРОЖАЮ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО ТА РОЗРАХУНКОВИЙ ВИХІД ЕФІРНОЇ ОЛІЇ	168
5.1	Накопичення ефірної олії у зеленій масі гісопу лікарського залежно від сортних особливостей та внесення біологічно активних препаратів.....	168
5.2	Вплив досліджуваних факторів на компонентний склад ефірної олії гісопу лікарського.....	177
	Висновки до розділу 5.....	182
	Список використаних джерел до розділу 5.....	183
РОЗДІЛ 6	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННЯ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО	185
6.1	Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського.....	185
	Висновки до розділу 6.....	195
	Список використаних джерел до розділу 6.....	197
	ВИСНОВКИ.....	199
	РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	203
	ДОДАТКИ	204

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасному аграрному виробництві особливої ваги набуває питання впровадження інноваційних підходів до вирощування культур, зокрема лікарських рослин, які мають високу біологічну цінність та значний ринковий попит. Однією з таких культур є гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) — багаторічна ефіроолійна рослина родини глухокропивових (*Lamiaceae*), що широко застосовується у народній та офіційній медицині, кулінарії, парфумерній промисловості. Гісоп містить ефірні олії, флавоноїди, дубильні речовини, органічні кислоти, вітаміни, що визначає його фармакологічну активність — антисептичну, протизапальну, відхаркувальну та тонізуючу.

Попри значний потенціал, в Україні культура гісопу залишається малопоширеною, а агротехнічні підходи до її вирощування потребують удосконалення. Зокрема, в умовах Південного Степу України, де спостерігається дефіцит вологи, висока температура повітря в літній період, надзвичайно важливою є адаптація технологій вирощування до екстремальних умов. Традиційне застосування мінеральних добрив у цих умовах часто супроводжується деградацією ґрунтів, зниженням біорізноманіття та ризиком накопичення шкідливих речовин у продукції.

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження ефективності використання альтернативних засобів підвищення врожайності лікарських культур — біологічно активних препаратів (біостимуляторів, мікробних інокулянтів, мікоризоутворюючів тощо). Застосування таких засобів дозволяє активізувати природні процеси в рослинно-ґрунтовій системі, покращити засвоєння елементів живлення, підвищити стійкість рослин до стресових факторів та, як наслідок, — збільшити їх продуктивність і якість сировини без шкоди для довкілля.

Аналіз продуктивності різних сортів гісопу лікарського під впливом біопрепаратів та органо-мінерального добрива дозволить виявити найбільш ефективні поєднання генотипу та агротехніки в умовах Південного Степу

України. Отримані результати мають велике значення для наукової спільноти та для практиків-аграріїв, оскільки сприятимуть розширенню спектра вирощуваних культур, покращенню екологічної ситуації, зростанню прибутковості аграрного сектору та забезпеченню населення якісною лікарською сировиною.

Таким чином, тема дисертаційного дослідження є надзвичайно актуальною, оскільки поєднує в собі наукові, практичні та соціально-економічні аспекти розвитку сталого землеробства і фітотерапевтичного напрямку в Україні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.

Наукові розробки, представлені в дисертаційній роботі, є складовою частиною тематичного плану Миколаївського національного аграрного університету та проводилися у відповідності до затверджених наукових програм: «Агроекологічне обґрунтування вирощування ефіроолійних рослин в умовах Південного Степу України» (державний реєстраційний номер 0123U101324) та «Удосконалення технології вирощування лікарських, ефіроолійних та пряно-ароматичних культур за краплинного зрошення в умовах Південного Степу України» (державний реєстраційний номер 0123U101323).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягала у науковому обґрунтованому впливі біологічно активних препаратів на продуктивність та господарсько-цінні ознаки рослин гісопу лікарського сортів Маркіз, Національний та Водограй за вирощування в умовах Південного Степу України.

Досягнення поставленої мети передбачало виконання таких завдань:

- провести аналіз наукової літератури щодо технологій вирощування та сортових особливостей *Hyssopus officinalis* L. в Україні та світі;
- встановити відповідність кліматичних умов місця проведення дослідження біологічним вимогам рослин гісопу лікарського;
- визначити вплив препаратів-укорінювачів на процес коренетворення живців гісопу лікарського під час вегетативного розмноження садивного матеріалу;
- встановити залежність SPAD-індексу та коефіцієнту виживання

рослин гісопу лікарського;

- розрахувати сумарне водоспоживання та коефіцієнт водоспоживання за роки використання насаджень в умовах природнього зволоження;

- встановити вплив погодних умов, фонів живлення та сортового складу гісопу лікарського на річний фенологічний цикл рослин та їх морфологічні показники;

- дослідити закономірності формування продуктивності та господарсько-цінних ознак різних сортів гісопу лікарського залежно від досліджуваних факторів;

- розрахувати економічну ефективність технології вирощування гісопу лікарського в умовах Південного Степу України.

Об'єкт дослідження – процеси росту й розвитку сортів гісопу лікарського за внесення різних біологічно-активних препаратів.

Предмет дослідження – динаміка формування продуктивності рослин гісопу лікарського першого, другого, третього років вегетації, визначення SPAD-індексу, економічна ефективність вирощування гісопу лікарського.

Методи дослідження. Вирішення поставлених завдань базувалося на комплексному застосуванні загальнонаукових та спеціальних методів дослідження. Зокрема, використовували такі загальнонаукові методи, як гіпотеза, аналіз, синтез, абдукція, конкретизація, моделювання, узагальнення, експеримент, спостереження та обліки. Спеціальні методи були представлені польовими та лабораторними дослідженнями. Статистичний, розрахунковий та порівняльно-обчислювальний методи, включаючи дисперсійний та кореляційний аналіз, застосовували для аналізу й узагальнення отриманих експериментальних даних, що забезпечило об'єктивність та надійність результатів.

Наукова новизна результатів дослідження: вперше в умовах Південного Степу України досліджено елементи технології вирощування сортів гісопу лікарського з метою виробництва ефірної олії у промислових масштабах;

- встановлено кореляційний зв'язок між SPAD-індексом та коефіцієнтом виживання рослин гісопу лікарського першого року життя;
- обґрунтовано залежність водоспоживання та ефективність використання вологи рослинами гісопу лікарського від біологічно-активних препаратів та сортових особливостей;
- досліджено динаміку поживного режиму ґрунту у трирічному циклі вегетації різних сортів гісопу лікарського за різних систем удобрення в умовах природного зволоження;
- виявлено вплив біологічно активних препаратів на продуктивність та господарсько-цінні ознаки сортів гісопу лікарського;
- розраховано економічну ефективність вирощування гісопу лікарського у виробничих умовах залежно від елементів технології;

удосконалено технологію підготовки живців гісопу лікарського з використанням органічних біопрепаратів;

набули подальшого розвитку рекомендації вирощування гісопу лікарського як високорентабельної ефіроолійної культури, що адаптована до посушливих кліматичних умов Південного Степу України, впровадження яких сприятиме підвищенню економічної ефективності вирощування гісопу та розширенню його використання у фармацевтичній, харчовій та парфумерній промисловості.

Практичне значення результатів дослідження. На основі проведених досліджень виробництву запропоновано науково-обґрунтовані рекомендації з удосконалення технології вирощування гісопу лікарського, які передбачають використання посухостійких вітчизняних сортів та застосування біологічно активних препаратів. В умовах природного зволоження Південного Степу України гісоп лікарський демонструє формування значної вегетативної маси з високим вмістом ефірної олії, що зумовлено ефективним використанням вологи з ґрунту.

Застосування комплексу рекомендованих сортових, технологічних та біологічних рішень забезпечує можливість отримання високої врожайності

зеленої маси гісопу лікарського, що сягає 6,6 т/га, та умовного валового збору ефірної олії, який перевищує 66 л/га. Це досягається шляхом ефективного використання природного потенціалу ґрунтів, одночасного збереження їх родючості та забезпечення високого рівня рентабельності виробництва до 270%. Такий підхід сприяє не тільки збільшенню обсягів виробництва, але й підтримці екологічної стабільності агроценозів.

Результати дисертаційної роботи впроваджено ПП «КРИНИЦЯ» на площі 1 га с. Інгулець, в Херсонській області, ТОВ "Золотий Колос" на площі 1 га с. Капустине в Миколаївській області (додаток А.2, А.3).

Особистий внесок здобувача. Здобувач брав участь у розробці гіпотези наукового дослідження та складанні його програми, здійснював аналіз і узагальнення наукової інформації, що відповідає темі дисертації. Безпосередньо закладав дослід, проводив польові обліки та спостереження, забезпечуючи їх систематизацію, обґрунтування та статистичну обробку. Формулював висновки на основі отриманих даних, проводив апробацію та впроваджував результати у виробничих умовах. Крім того, здійснював підготовку публікацій за результатами дослідження, а також дисертації до друку.

Апробація матеріалів дисертації. Результати наукового дослідження, що представлені в даній роботі, були предметом активного обговорення на засіданнях кафедри рослинництва та садово-паркового господарства, а також вченої ради факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету впродовж 2021–2025 років. Важливим етапом апробації результатів стала їх публікація та обговорення на: V міжнародній науково-практичній конференції *«Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво»*, 19–21 жовтня 2022 р. Миколаїв, МНАУ, 2022; II міжнародній науково-практичній конференції *«Сучасні підходи до вирощування та використання малопоширених плодкових, декоративних, ароматичних та лікарських рослин для покращення екологічної ситуації в Україні»*, 29 серпня 2025 рік м. Одеса, ІКОСГ НААН, 2025; IV міжнародній науково-практичній конференції *«Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та*

пріоритети», 12 вересня 2025 рік м. Одеса, ІКОСГ НААН, 2025.

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 8 наукових праць, з яких статей у фахових виданнях – 5, тез наукових конференцій – 3.

Структура та обсяг роботи. Дисертація викладена на 235 сторінки комп'ютерного тексту й складається з анотації, вступу, 6-и розділів, висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, додатків.

Робота містить 28 таблиць, 18 рисунків. Список використаних джерел налічує 210 найменувань, 128 з яких – латиницею.

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПИТАННЯ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ)

1.1 Народно-господарське значення гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.)

Гісоп – є однією з найдавніших лікарських рослин. Його використовували з давніх часів Гіппократ, Діоскорид і Гален [48]. Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) являє собою цінну багаторічну напівкущову рослину, що належить до родини Lamiaceae, і вирізняється багатим вмістом біологічно активних речовин. Зокрема, надземна маса гісопу містить значну кількість ефірних олій (від 0,5 до 1,5 %), а також різноманітні фенольні сполуки, флавоноїди, дубильні речовини та органічні кислоти, що зумовлюють його широке застосування у фармакології та народній медицині [1, 2, 13, 29, 108, 122, 137]. Важливо відзначити, що гісоп лікарський демонструє високу адаптивність до кліматичних умов Південного Степу України, що робить його перспективним для вирощування в цьому регіоні. Його посухостійкість, невибагливість до ґрунтів і здатність формувати стабільні врожаї зеленої маси роблять його цінною культурою для сільськогосподарського виробництва [10, 18, 36].

Найбільш поширеним видом є *Hyssopus officinalis* L., листя та квіти якого широко застосовуються в народній медицині, кулінарії та парфумерії. У різні часи і у різних народів гісоп мав різні назви: стародавні візантійці називали гісоп «уссуфун», жителі арабських країн – «зуфа», в Україні – «сусоп», «юсефка», «гісоп», синій звіробій, в Грузії – «усупі», у Вірменії – «мостик», «зопа» (Ahmad Khan M. S., Ahmad I, 2019.) [45].

H. officinalis має широке розповсюдження в Європі та Північній Африці, а також включений до офіційних фармакопей Індії, Португалії, Італії, Болгарії, Молдови, Румунії, та Польщі. (Srivastava A., et al., 2018, Wesolowska A., et al. 2010) [66, 90, 100, 124, 137, 147, 149].

У Румунії надземну частину гісопу застосовують аналогічно листу шавлії для зменшення потовиділення, зокрема у хворих на туберкульоз (Imbrea I. M., et al., 2024) [45]. У монастирях впродовж багатьох століть на гісопі настоювали кращі вина. Такі вина мали хороші властивості повертати сили і бадьорість втомленій людині. Всесвітньо відомі лікери Шартрез і настоянки Стріжамент виготовляються з додаванням гісопу (Hristova Y., et al. 2015) [90]. Висушена трава використовується так само, як і свіжа. Гісоп застосовують для лікування астми, катаракти, верхніх дихальних шляхів, кон'юнктивіту, запалення сечовивідних шляхів, захворювань шлунково-кишкового тракту, ревматизму, глистів і як засіб від пітливості. Сприяє розсмоктуванню підшкірних і крововиливів. Відвар рекомендований людям похилого віку як загальнозміцнюючий засіб. Відвар і настій гісопу застосовують для промивання очей і у вигляді полоскання горла при стоматитах, захворюваннях глотки, осиплості голосу, для компресів при ударах, синцях, а також як ранозагоювальний засіб (Kumar V., et al., 2022; Mićović T., 2024) [108, 115]. Свіжі і сухі листя мають приємний гіркувато-пряний смак, їх використовують як приправу до салатів, супів, м'ясних і овочевих страв. Також рекомендується використовувати його при виробництві ароматизованого «трав'яного чаю» (Kumar V. et al., 2022) [108].

Гісоп – добра медоносна рослина. Мед, зібраний з гісопу, відноситься до числа кращих сортів. Рясне і тривале цвітіння, активні візити бджіл визначають гісоп лікарський як перспективну культуру для вирощування поблизу пасік і на фермах. Продукування нектару й пилку гісопом збільшується щороку. Так, з 1 га плантації дворічних рослин можна отримати близько 270 кг нектару, трирічний гісоп з такої ж площі дає вже до 400 кг нетару, а чотирирічний – не менше 800 кг (Dobrovolskyi P., et al., 2021). [71]. Середня кількість цукру в квітках гісопу досягає 0,25-0,27 мг [157].

1.2 Морфо-біологічні особливості та сортовий склад гісопу лікарського

Центри формування багатьох ефіроолійних видів родини Губоцвітті хорологічно і флоригенетично пов'язані з регіоном Стародавнього Середземномор'я. Всього рід включає за даними різних авторів від 7 до 12 видів [71]. Найбільше різноманіття представників роду *Hyssopus* відзначається в Середземномор'ї. Крім того, представники роду в природних умовах зустрічаються в Сибіру, Середній Азії і Південній Америці. Гісопус двосторонній (Trautv.) Ільжин поширений в Східному Казахстані. У нижній частині схилів гір Уржарської, Ермендибулакської та Косакської ущелин вид *Hyssopus ambiguus* утворює зарості понад 20 га. Всі представники роду гісоп мають яскраво виражений аромат. Найбільш широко відомий гісоп (*Hyssopus officinalis* L.) - багаторічна півчагарникова рослина. Коренева система стрижнева, розгалужена до 1-2-го порядку, проникає в ґрунт на глибину 7-10 см. Листки гісопу дрібні, майже сидячі, супротивні, цілокраї, жорсткі, лінійно-ланцетні, ланцетні 3-4 мм завдовжки, зі злегка перевернутими краями (Ткачова Є. С., Федорчук М. І., 2021) [38]. Гісоп має складну структуру суцвіття, в нижній його частині знаходяться справжні асимілюючі листки, а у верхній частині суцвіття листки сильно видозмінені, характеризуються необмеженим ростом і не закінчуються квіткою. Суцвіття складається з 10-12 пар часткових суцвіть, тобто бічна вісь закінчується бічним суцвіттям. Кожне часткове суцвіття складається з 6-12 мутовок. Довжина суцвіть коливається від 9 до 22 см, кількість квіток - від 120 до 350 штук. Цвітіння центрального (осьового) суцвіття акропетальне [13, 38, 104].

Слідом за розпусканням квіток на центральному пагоні на бічних пагонах першого порядку, а потім другого порядку розпускаються квіти. Тривалість цвітіння однієї квітки становить 1-3 дні залежно від метеорологічних умов. Фаза квітування гісопу лікарського становить 25-38 діб. Квітки неправильні, двогубні, двостатеві, 0,5-0,7 см завдовжки. Забарвлення віночка може бути рожевим, білим, блакитним, фіолетовим, але частіше фіолетовим. Тичинок чотири,

маточка одна з верхньою зав'яззю. У бутоні, що формується, маточка і тичинки однакового розміру, у повністю сформованого бутона маточка знаходиться над тичинковими нитками. У розкритому бутоні пильовики розтріскуються і починають пилити ще до того, як приймочка маточки дозріє для прийому пилку. У фазі в'янення віночка тичинки засихають, а приймочка відхиляється в різні боки і стає здатною приймати пилок. Квітки розкриваються в ранкові години [104]. Гісоп – ентомофільна рослина; її активно відвідують бджоли, що підтверджує її високу нектаропродуктивність (Dobrovolskyi P. et al., 2021) [71, 157]. Плід гісопу звичайного – ценобій, що складається з чотирьох трикутних, темно-коричневих ерем (Kotyuk L. A., 2017) [104]. Маса 1000 насінин становить 0,9–1,3 г (Єрмаков С. В., Белова Т. О. 2014) [13]. Гісоп лікарський має дуже широкий ареал, що охоплює Середземномор'я, Центральну Європу та Західну Азію. Великий ареал рослини і тривале перебування в культурі сприяли утворенню численних форм, які відрізняються як за фенотиповими ознаками, так і за хімічним складом [71]. Існує кілька підвидів гісопу. В Європі, крім *Hyssopus officinalis* L. ssp. *officinalis*, який є основним для виробництва ефірної олії (ISO 9841), поширений підвид *Hyssopus officinalis* L. subsp. *aristatus* (Godr.) Nyman, що зустрічається у Франції, Іспанії та на Балканах, а також *Hyssopus officinalis* L. ssp. *canescens* (DC) Nyman (Hristova Y., et al., 2015) [90].

У Туреччині росте *Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.) Arcangeli (Kızıl S., et al., 2008) [103]. В ароматерапії цінується підвид *Hyssopus officinalis* L. subsp. *decumbens*, який виростає у Франції, Італії та на Балканах (Hristova Y., et al., 2015) [90].

В Україні були виведені сорти та включені до Держреєстру сорт Водограй, що має білим забарвлення віночка, сорт Маркіз, що має синьо-фіолетове забарвлення віночка, сорт Національний з рожевим забарвленням віночка (Котюк Л. А., Рахметов Д. Б., 2012) [23]. Комерційні плантації є у Франції, Іспанії, Італії, Нідерландах, Угорщині. У Німеччині зареєстрований

один сорт Флорарот (GHG Aschersleben), в Швейцарії - сорт Перлі, в Румунії - De Ciorani [66, 90, 124, 147, 149].

Hyssopus officinalis L. subsp. *decumbens* екологічно пластичний і добре пристосовується до дуже несприятливих умов навколишнього середовища, мешкає на еродованих ділянках переважно південної експозиції на тонких щибених ґрунтах, часто з виділенням вапнякових материнських порід. Межа вертикального поширення цього виду становить 1400 м над рівнем моря. Найбільш сприятливими для зростання цього підвиду є скупчення щебеню або кам'янисті ділянки, де немає конкуренції з боку інших видів. Однак він не є облігатним оліготрофом, бо в культивуванні добре розвивається в умовах глибокого, родючого ґрунту. Це говорить про те, що обмежене поширення і слабка фітоценотична роль гісопу лікарського пояснюється його низькою конкурентоспроможністю. Виконуючи роль агресора практично повсюдно, цей підвид утворює монодомінантні мікрогрупи або ценози на невеликих територіях, де немає конкуренції інших видів через несприятливі умови середовища (Ткачова Є. С., Федорчук М. І., 2021) [37, 66, 137].

Насіння не потребує стратифікації, і залежно від погодних і кліматичних умов одна частина опалого насіння за наявності ґрунтової вологи, проростає незабаром після осипання, інші, дозріваючи в більш пізні терміни, в середині квітня наступного року. Але значна частина їх незалежно від термінів проростання, гине. Основна причина загибелі самосіву — нестача вологи і пригнічення рослин швидкозростаючими багаторічниками (Добровольський П.А., 2021) [10]. Насіння гісопу в лабораторних умовах починає проростати на 3–5-у добу і завершує на 12–13-у. Енергія проростання на 6–7-у добу становить 50–55 %, а загальна схожість перевищує 90 % і зберігається впродовж 36 місяців, поступово знижуючись протягом 4–5 років (Коваленко О.А. та ін., 2023) [18, 28]. Гісоп лікарський характеризується наземним типом проростання, що є типовим для багатьох представників родини Ясноткові. Проростки мають округлі сім'ядолі, діаметром 0,3–0,5 см, з цільним краєм і ямчастим основою, часто з антоціановим забарвленням. Вони функціонують ще 17–20 діб після появи

першої пари справжніх листків. Впродовж першого року життя 100% особин переходять з прегенеративного стану в генеративний. При сприятливих умовах однорічні рослини зацвітають в кінці літа, але не утворюють повноцінного насіння [22]. Восени на кореневій шийці рослин гісопу закладаються бруньки відновлення, з яких на наступний рік розвиваються однорічні пагони. Дворічні та багаторічні особини несуть вегетативні та генеративні пагони, які починають повільно відростати ранньою весною. Впродовж наступних 25–30 діб швидкість росту генеративних пагонів різко збільшується. Середньодобовий приріст генеративних пагонів може становити 15–20 см. Пагони досягають максимального розміру до фази квітання. Багаторічні особини формують 35–40 генеративних пагонів [18, 22, 24].

Вік генеративних рослин не впливає на терміни настання фенологічних фаз, в той час як метеорологічні умови вегетаційного періоду викликають зміни в проходженні окремих фаз розвитку. Проміжок між термінами початку фази квітання в роки з раннім настанням весни і в роки з холодною затяжною весною становить від 8 до 15 днів. Однак стабільна сонячна погода під час росту генеративних пагонів сприяє квітанню рослин, що почалися пізно в рості, майже в той же час, що і на початку вегетації (Свиридовський В. М. та ін., 2024) [33]. Максимальне значення транспірації було зафіксовано в ранкові години, при відносній вологості повітря 37–50% і температурі +20...+32°C. Впродовж вегетаційного періоду максимальна інтенсивність транспірації була зафіксована в найспекотніші місяці. Найбільша кількість води в листі відзначається на початку вегетації, потім вона поступово зменшується. Висока водоутримуюча здатність листків в певній мірі обумовлює підвищену посухостійкість рослин. Різке збільшення втрати води листям спостерігається у міжфазний період квітання – дозрівання плодів, тобто поступове старіння листя. Стійкість рослин до високих температур літнього періоду є одним з основних показників їх життєздатності (Добровольський П. А., Домарацький Є. О., 2021) [9, 10, 18, 32]. Тривалість періоду формування – дозрівання насіння приблизно дорівнює періоду квітання (25–30 діб). У особин першого року вегетації дозрівання

насіння відбувається в середині вересня і закінчується в кінці того ж місяця або на початку жовтня [24]. Фаза дозрівання насіння у багаторічних особин проходить у липні і закінчується в кінці серпня. Вона не залежить від віку генеративних рослин і термінів сівби (озимий або весняний) (Котюк Л.А., Швайка О.В., 2018) [24]. З чотирьох насінин у ценобії дозріває лише 2–3. Насіннева продуктивність гісопу залежить від кількості генеративних пагонів, квіток у суцвітті (Ткачова Є. С., Федорчук М. І., 2020) [38]. Найвища 16% зав'язування плодів спостерігається у особин 3–4-річного віку і становить 74–77% (Свиридовський В. М., та ін., 2022) [33].

В кінці вегетаційного періоду нижня частина пагонів багаторічних особин гісопу стає здерев'янілою. Їх верхня частина, близько третини довжини, і молоді неодерев'янілі пагони з настанням морозів відмирають. У такому стані рослина зимує. У південних районах середній вегетаційний період гісопу може становити 225–235 діб (Kovalenko O. A., Andreichenko L. V., 2019) [105]. Перші дослідження показали, що в умовах Лісостепу гісоп проходить повний цикл розвитку в середньому за 130–140 діб (Котюк Л. А., Рахметов Д. Б., 2012) [22, 23, 24]. Перші ознаки старіння особин гісопу відзначаються після 8–9-го року вегетації. Це проявляється у зменшенні висоти та облистеності вегетативних і генеративних пагонів. Кількість вегетативних пагонів зменшується з 30–35 до 10–15, а генеративних — з 70–80 до 30–40. Пагони стають малоквітковими. Тривалість такого стану становить 2–3 роки. Особини гісопу в зрілому віковому стані мають 10–12 пагонів, на кожному з яких є по 6–8 пар листків, у них всього 2–3 бруньки відновлення. Такий віковий стан триває впродовж 1–2 років. Тривалість великого життєвого циклу гісопу становить 10–12 років (Котюк Л. А., Швайка О. В., 2018) [24].

1.3 Біохімічний склад сировини, особливості накопичення ефірної олії в сировині гісопу лікарського та її дистиляція

Трава гісопу містить безліч хімічних сполук, які регулюють діяльність найважливіших органів людини, що робить його корисною і перспективною

овочевою і лікарською культурою (Єрмаков С. В., Белова Т. О., 2014) [13, 96]. Надземна маса, зібрана під час цвітіння, містить ефірну олію, флавоноїди, гіркі і дубильні речовини, урсолову і олеанолову кислоти, смоли, камедь, фітонциди, вітамін С (Гнатюк Н. О., Радіоза С. А., Юрчак Л. Д., 2010) [7, 13]. У пектинових речовинах виявлено глюкозу, арабінозу, ксилозу, рамнозу і галактозу, яка становить основу пектинових структур [66]. Встановлено також, що сировина гісопу має високий вміст геміцелюлози А (до 8%) і геміцелюлози В (до 3,5%), основними компонентами яких є ксилоза і глюкуронова кислота (Koosheki A., Tabrizi L., Ghorbani R., 2008) [103]. З дитерпенових сполук переважає маррубін, а також близько 0,98% тритерпенових кислот у перерахунку на урсолову кислоту [122]. За даними сучасних досліджень, переважаючими фенольними сполуками в рослинах гісопу є гіперозид, ферулова кислота, а також похідні гідроксикоричних кислот — розмаринова і кавова кислоти (Srivastava A., et al., 2018) [137].

Флавоноїди є найбільш широкою і поширеною групою фенольних сполук. Представники цієї групи зустрічаються практично в тканинах усіх рослин (Yu. V. Plugatar, et al., 2023) [142]. Присутні такі речовини, як флавоноїди глікозидів гесперитину і діосміну (Kizil S. et al., 2016) [101], але основна частка припадає на діосмін (3–6%), гесперидин (5–6%) і вінценін-2 (Khan R., Shawl A. S., Tantry M. A., 2012) [100]. Зміст діючих речовин сильно варіюється залежно від погодних умов, фази розвитку і сорту. Згідно з дослідженнями, максимальний вміст біологічно активних речовин у сировині гісопу спостерігається в фазі вегетації і масового цвітіння. В інші періоди відзначається переважне зниження хлорофілів, каротиноїдів, β -каротину, вільних органічних кислот, вітаміну С, хлорогенової та урсолової кислот, макроелементів, за винятком кальцію. Результати досліджень показали, що впродовж вегетаційного періоду вміст речовин змінюється в таких межах: хлорофілів — 126–403 мг%, каротиноїдів — 15–52 мг%, β -каротину — 7–16 мг%, вільних органічних кислот — 1,1–1,6%, вітаміну С — 148–509 мг%, хлорогенових кислот — 1446–1943 мг, урсолової кислоти — 2,4–3,3%, азоту — 0,8–2,3%, фосфору — 0,2–0,4%, калію — 1,7–5,1%,

кальцію — 1,7–2,0%, магнію — 0,4–0,7%, сірки — 0,1–0,2% (Kumar V., et al., 2022) [108, 133]. Інші вивчені речовини показали більш складний характер динаміки накопичення впродовж вегетаційного періоду. Уміст розчинних цукрів становив 1,1–2,1%, у тому числі глюкози — 0,3–0,8%, фруктози — 0,4–0,7%, сахарози — 0,3–1,1%. Вміст пектинових речовин становив 4,8–6,4%, у тому числі гідропектину — 0,5–1,1%, протопектину – 3,9–5,4%. Вміст крохмалю – 2,4–2,9%, клітковини – 17,6–29,6%, жирних олій — 2,8–6,9%, антоціанових пігментів — 6,6–14,1 мг, катехінів — 186–336 мг%, флавонолів — 1386–1830 мг, дубильних речовин — 3,8–6,1% і лігнінів – 16,9–21,1% (Kizil S., et al., 2016) [100, 101, 133]. При вирощуванні гісопу в умовах Степу рослинна маса містила вітамін С – 5 1,8мг%, вітамін В₆ – 42,8 мкг%, вітамін В₂ – 143 мкг%. Показники вмісту вітамінів під час росту гісопу *in vivo* становили відповідно 44,0; 41,3; 135,1 (O. Babich, et al., 2021) [62, 79].

За даними сучасних досліджень, трава гісопу містить близько 50 мг% вітаміну С, 19,6% сухої речовини, 0,59% цукру, 3,3% клітковини, 0,2% ефірної олії [133]. Крім того, встановлено, що найбільша кількість біологічно активних речовин, а також найвища активність пероксидази і поліфенолоксидази зосереджені в листках та генеративних органах, найнижчі показники спостерігаються в стеблах (A. Venea., et al., 2022) [125]. Мінеральний склад рослин залежить від екологічних умов району заготівлі сировини (Koosheki A., Tabrizi L., Ghorbani R., 2008) [104]. Дослідження, проведені в південних регіонах України, показали, що сировина гісопу багата макро-, мікро- і ультрамікроелементами, з яких 11 є незамінними, а 4 — умовно необхідними. Крім основних елементів, сировина гісопу відзначається значним вмістом цинку (Hristova Y., et al., 2015) [90]. Вивчення накопичення радіонуклідів у пряно-ароматичних культурах показало, що гісоп лікарський має найнижчі показники серед досліджуваних рослин — 0,6 Бк/кг для цезію (Jangi F., Ebadi M.-T., Ayyari M., 2021) [95]. За даними фітосанітарного контролю, вміст важких металів у сировині гісопу нижче межі виявлення та відповідає санітарним нормам (Ваї Т., et al., 2018) [52]. Таким чином, численні дослідження підтверджують, що

надземна маса гісопу містить широкий спектр сполук з фізіологічною активністю, що робить його перспективним продуктом функціонального харчування (L. Skrypnik, et al., 2022) [63].

При дослідженні ефірної олії гісопу були виявлені м'ятні, рожеві та камфорні ароматичні ноти, що підтверджує її багатокomпонентний склад (Jangi F., Ebadi M.-T., Ayyari M., 2021) [96]. Ефірна олія гісопу це жовтувата рідина з трав'янисто-пряним запахом не має офіційних обмежень щодо використання в парфумерії, косметиці та харчових ароматичних есенціях (Judzentiene A., 2016) [98]. У *Hyssopus officinalis* L., як представника родини *Lamiaceae*, ефірна олія міститься в круглих залозах на короткій ніжці, які мають 8 видільних клітин, розташованих радіально [122]. Ніжка утворена єдиною базальною клітиною, на якій розташована головка. Утворення ефірної олії в залозі починається ще на стадії одноклітинної головки, а максимальна продукція спостерігається на стадії восьмиклітинної (Zawiślak G., 2013) [152].

Кутикула в цей час покриває клітини апікальної частини залози. Загальна кутикула клітин головки при накопиченні ефірної олії набухає, утворюючи резервуар, наповнений летючими компонентами (Wesołowska A., 2015) [147]. На відміну від інших представників родини *Lamiaceae*, при ідентичних умовах збору і сушіння вміст ефірної олії у *Hyssopus officinalis* L. залишається стабільним (Zheljazkov V. D., Astatkie T., Hristov A. N., 2012) [154]. Ефірні олії за хімічним складом це складна суміш терпенових вуглеводнів, їх кисневих похідних, гетероциклічних та ароматичних сполук. Кількість компонентів одного ефірної олії може перевищувати сотню, причому деякі з них утворюються в процесі перегонки і не є первинними [122]. У рослинах ефірні олії знаходяться переважно у вільному стані, рідше — у зв'язаному, у вигляді глікозидів (Kumar V. et al., 2022) [108]. Зміст і склад ефірної олії залежать від погодних і кліматичних умов регіону вирощування та фенологічної фази розвитку рослин. Найвищий вміст спостерігається у фазі повного квітування (Kizil S. et al., 2008) [102]. Встановлено, що на вміст ефірної олії в надземній частині гісопу більшою мірою впливають температура і вологість, ніж сортові особливості (Kovalenko

О., Andreichenko L., Polyansky S., 2022) [106]. У фазі масового квітування рослин найбільше накопичення ефірної олії відбувається з абсолютно сухої речовини (Kizil S. et al., 2008) [102]. Вміст ефірної олії в рослинах розподіляється нерівномірно між органами: у зелених листках та суцвіттях — 0,8–2,0%, у сухій траві — 0,6–1,2%, найменше — у стеблах, близько 0,18% (Ваї Т., et al., 2018) [52].

Для отримання ефірної олії використовується надземна частина рослини, яку скошують, а потім пропарюють у перегінних апаратах. За стандартом ISO її склад включає: 40–67,5% пінокамфону та ізопінокамфону, 14,5–24,5% альфа- та бета-пінену, до 2% гіпатуленолу та 8–12% сесквітерпенових вуглеводнів (Imbrea I. M., et al., 2024) [66]. В ефірній олії *Hyssopus officinalis* L. виявлено понад 50 компонентів. Однак залежно від підвиду, місця вирощування та фази розвитку ці співвідношення змінюються: вміст транспінокамфону може досягати 62%, циспінокамфону — 43%, β -пінену — 23%. Крім того, виявлено гермакрен D, п-феландрен, β -каріофіллен, сабінен, мірцен, β -бурбонен, а основними компонентами можуть бути ізопінокарвон, 1,8-цинеол, метилевгенол, ліналоол (Hristova Y., et al., 2015) [90].

У Нікітському ботанічному саду проведено порівняльну оцінку різних зразків гісопу, в результаті чого виявлено два зразки з максимальним вмістом ефірної олії (Котюк Л. А., 2015; Котюк Л. А., Рахметов Д. Б., 2012) [22, 23]. Визначення компонентного складу ефірної олії різних форм показало, що ізопінокамфон переважає у лікарському гісопі, а пінокамфон — у гісопі сумнівному (Judzentiene A., 2016) [98]. При дослідженні *Hyssopus officinalis* L. subsp. *aristatus* встановлено, що його надземні частини містять до 1,4% ефірної олії, основними компонентами якої є 1,8-цинеол (39,6%) та ізопінокамфон (28%) (Kizil S., et al., 2016) [101].

За результатами досліджень, проведених у Миколаївському НАУ, встановлено, що форми гісопу з білим, рожевим і синім забарвленням віночка мають різний вміст ефірної олії. Гісоп із синім віночком мав найвищий вміст — 1,05% від сухої речовини, рожевим — 0,49%, білим — 0,75% (Коваленко О., Абрамова В., Андрійченко Л., 2018) [19]. При вивченні дикорослих форм з

різним забарвленням віночка встановлено, що вихід зеленої маси форми з блакитним віночком становив близько 5,35 т/га, а вміст ефірної олії — 0,65–0,75%. Вихід зеленої маси форм з рожевим та білим віночком становив відповідно 4,5 т/га (0,7–1,1%) та 5,5 т/га (0,6–1,0%). Основними компонентами олії були цис- і транс-пінокамфон та пінокарвон (Вај Т. et al., 2018) [52].

В ефірній олії *Hyssopus officinalis* L. виявлено понад 50 компонентів. При вивченні різних зразків гісопу встановлено, що ефірна олія рослин, вирощених у різних кліматичних умовах, має варіативний хімічний склад. Зокрема, при русі з півдня на північ вміст пінокамфону зменшується, тоді як концентрація другорядних компонентів залишається відносно стабільною (G. M. Duschanova. et al., 2022) [73].

При вивченні ефірної олії популяції турецького гісопу (*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius*) було встановлено, що домінуючим компонентом є ізопінокамфон (Kızıl S., et al., 2005) [102]. Основними компонентами ефірної олії дикого гісопу в Італії є пінокамфон (34% і 18,5%), ізопінокамфон (3,2% і 29%) та β -пінен (10,5% і 10,8%) [122]. За способом отримання ефірної олії встановлено, що гісоп має стабільний склад і співвідношення основних компонентів як у свіжій, так і у висушеній сировині, незалежно від методу екстракції (Plugatar Yu. V., et al., 2023; Zheljazkov V. D., et al., 2012) [142, 154].

Ефірні олії використовуються людством з давніх часів, переважно як антисептичні засоби. Більш системні дослідження їх антимікробних властивостей почалися після відкриття явища фітонцидів у 1928 році. Згодом було встановлено, що ефірні олії мають широкий спектр пригнічувального впливу не лише на мікроорганізми, а й на патогенні гриби. Зокрема, ріст міцелію *Pyrenophora avenae* та *Pyricularia oryzae* пригнічувався компонентами гісопової олії — L-борнілацетатом, ізопінокамфоном і пінокамфоном. У поєднанні з ізопінокамфоном ріст *P. avenae* повністю припинявся, тоді як на *P. oryzae* окремі компоненти діяли менш виражено (Hristova Y., et al., 2015) [90]. Ефірна олія гісопу також знижувала схожість конідій *Botrytis fabae* та уредоспор *Uromyces viciae-fabae* [122].

Сучасні медичні дослідження підтверджують високу антимікотичну активність гісопу (Hristova Y., et al., 2015) [90]. Ефірна олія гісопу лікарського має відхаркувальну, протинабрякову, тонізуючу дію. Деякі сорти гісопу проявляють противірусну активність, зокрема проти вірусу герпесу (Kumar V., et al., 2022) [108]. Також вона має антисептичну, ранозагоювальну, протиалергічну, протизапальну, спазмолітичну, гіпертензивну, сечогінну, імуностимулюючу та жарознижувальну дію (Гавай О. В., Сікорин У. Б., Грицик А. Р. 2016; Judzentiene A., 2016) [2, 98].

Німецькі ароматерапевти розробили метод лікування бронхіальної астми за допомогою ефірної олії гісопу (I. M. Imbrea., 2020) [48]. Також рекомендовано її використання у вигляді інгаляцій при бронхіті, туберкульозі, трахеїті, фарингіті, ішемічній хворобі серця, а також як стимулюючий засіб при депресивних станах (Бойко Р.М. 2016; I. M. Imbrea et al., 2024) [1, 66]. В ароматерапії ефірну олію гісопу застосовують як загальнозміцнюючий засіб і для лікування захворювань верхніх дихальних шляхів (Гавай О. В., Сікорин У. Б., Грицик А. Р., 2016; Hristova Y., et al., 2015) [2, 90]. Зовнішньо її рекомендують при порізах, саднах, дерматитах, екземі (Mićović T, 2024) [115].

Більшість авторів вказують на відсутність побічних ефектів при застосуванні ефірної олії гісопу в терапевтичних дозах (Ahmad Khan M. S., Ahmad I., 2019) [45]. Однак при вживанні 10–20 крапель ефірної олії на добу спостерігалися тонічні судоми, що пов'язано з високими концентраціями пінокамфону та естраголу (Гнатюк Н. О., Душечкіна Н. Ю. 2018; I. M. Imbrea et al., 2024) [6, 66]. В експериментах на тваринах було показано, що естрагол, який входить до складу ефірної олії гісопу лікарського, має канцерогенну та мутагенну дію (Ваї Т., et al., 2018) [52]. У рідкісних випадках можуть виникати алергічні реакції. При пероральному застосуванні надмірні дози пінокамфону та його ізомерів можуть викликати судоми та напади, схожі з епілептичними (L. Skrupnik, et al., 2022) [63]. Тому ефірну олію гісопу слід застосовувати з обережністю, особливо у високих дозах або при тривалому використанні.

Особливості виготовлення ефірної олії гісопу повинні бути детально розглянуті, оскільки вона є окремим товарним продуктом, який використовується в лікєро-горілчаній, парфумерній та медичній промисловості (ароматерапії) (Гнатюк Н. О. та ін., 2010; О. А. Коваленко та ін., 2023;; Ghanbari-Odivi A., et al., 2024) [7, 11, 84]. Процес парової дистиляції ефірної олії з сировини здійснюється в апаратах періодичної та безперервної дії. Основними показниками технологічного режиму виробництва ефірних олій є швидкість дистиляції та температура дистиляту, що виходить з теплообмінника. При переробці гісопу оптимальним вважається режим при температурі дистиляту в межах 35–40 °С і швидкості перегонки 7% від потужності апарату періодичної дії (Коваленко О. А., та ін., 2024) [34]. Кількість розчиненої ефірної олії в дистиляті становить близько 7% від декантованої олії. Просочення рослинної сировини розчинником у паровій фазі дозволяє збільшити вихід ефірної олії (Judzentiene A., 2016) [98]. У результаті досліджень було запропоновано метод комплексного використання сировини гісопу, який включає поетапне вилучення ефірної олії методом гідродистиляції та тритерпенових кислот шляхом рідкої екстракції (Коваленко О.А., Андрійченко Л.В., 2023) [16]. При паровій дистиляції використання ненасичених розчинів неорганічних солей замість води, особливо для сировини з вмістом ефірної олії менше 1% (від повітряно-сухої маси), дозволяє збільшити вихід олії в середньому на 75% (Kumar V. et al., 2022) [108].

За фізичними властивостями ефірні олії є летючими речовинами з характерним запахом. Вони добре розчиняються в спирті, ефірі, бензолі та жирах. Встановлено, що ефірні олії мають здатність частково розчинятися у воді, а також можуть частково розчиняти воду в собі. Такий висновок був зроблений при вивченні процесу дистиляції після перегонки сировини, що містить ефірну олію (Plugatar Yu. V., et al., 2023) [142].

1.4 Досвід інтродукції та технології вирощування гісопу лікарського в різних природно-кліматичних зонах

Гісоп має багату історію використання в Європі, сягаючи античності, де він цінувався як лікарська та пряна рослина. У середньовіччі його культивували в монастирських садах з лікувальною та кулінарною метою. У Східній Європі, зокрема у Франції, Болгарії, Угорщині та Румунії, у XX столітті почали створювати плантації гісопу для виробництва ефірної олії. В Україні активна інтродукція охоплює кілька регіонів, зокрема Прикарпаття, Полісся та Південь України, де дослідники вивчали адаптацію, біоморфологію, онтогенез та біохімічні властивості виду.

Результати п'ятирічного дослідження гісопу, проведеного Книгніцькою Л.П. та Куничак Г.І. в Інституті сільського господарства Карпатського регіону НААН в умовах Прикарпаття, продемонстрували значний потенціал цієї культури для інтродукції в даному регіоні (Герасько Т. В та ін., 2020) [3, 4, 5]. Протягом періоду спостережень було зафіксовано, що максимальна висота кущів гісопу досягала $88,5 \pm 3,5$ см на четвертий рік вегетації, що свідчить про активний ріст та розвиток рослин. Важливо відзначити, що формування життєздатного насіння відбувалося вже в перший рік вирощування при досягненні рослинами мінімальної висоти 49–52 см. Лабораторні аналізи показали високий рівень схожості насіння, який склав 98% у перший рік зберігання, що підтверджує його відмінну якість та здатність до проростання. Окрім того, спостереження виявили здатність гісопу до самосіву, коли насіння проростало безпосередньо після осипання з материнських рослин, що є беззаперечним свідченням доброї адаптації культури до кліматичних умов Прикарпаття (Гнатюк Н. О., Душечкіна Н. Ю., 2018) [6, 7].

Семирічне дослідження повного циклу розвитку гісопу, проведене Людмилою Котюк у Житомирському національному агроекологічному університеті, дозволило детально проаналізувати онтогенез цієї рослини, зокрема латентну, прегенеративну та генеративну фази [22, 23, 24]. Дослідження виявило значні зміни у показниках біомаси та морфологічних характеристиках

гісопу протягом періоду спостережень. Найвища біомаса зеленої маси, що становила $38,91 \pm 2,04$ т/га, була зафіксована на четвертому році життя рослин, що свідчить про оптимальний період для збору врожаю. Максимальна висота кущів досягала $89,7 \pm 2,7$ см на третьому році, що вказує на активний ріст у перші роки після посадки. Крім того, кількість пагонів сягала максимального значення $96,7 \pm 8,4$ шт. на п'ятому році. Важливо відзначити, що рослини гісопу успішно проходили всі фази розвитку протягом семи років, що підтверджує їхню ефективну адаптацію до кліматичних умов регіону Полісся (Котюк Л. А., Швайка О. В., 2018) [24].

Результати багаторічних досліджень, проведених Коваленко О.А., Андрійченко Л.В. та Добровольським П.А., свідчать про успішну адаптацію гісопу лікарського до кліматичних умов Півдня України [9, 10, 15, 17, 18]. Культура демонструє стійкість до високих температур і низької вологості, а вегетаційний період, що становить 115–125 днів, забезпечує стабільне отримання зеленої маси. Важливою перевагою є висока ефіроолійність гісопу (до 1,2–1,5%), що відкриває перспективи для використання в фармацевтичній та косметичній промисловості. Агробіологічні показники, такі як висота рослин (65–85 см), кількість пагонів (до 90 шт./рослину) та урожайність зеленої маси (до 30 т/га), підкреслюють потенціал вирощування гісопу в південному регіоні. Крім того, рослина проявляє високу стійкість до шкідників і хвороб, що дозволяє зменшити хімічне навантаження на ґрунт. Завдяки високій адаптивності до посушливих умов, рослина є перспективною для вирощування як лікарська, ефіроолійна та декоративна культура. Її економічна доцільність робить її цінним компонентом у системах біоорієнтованого землеробства (P. Dobrovolskyi, et al., 2021) [71].

Агрономічні прийоми вирощування рослин гісопу багато в чому визначають продуктивні можливості цієї культури. Ареал живлення, ґрунтові умови, сортові особливості, а також вплив регуляторів росту і розвитку суттєво впливають на фізіологічну активність рослинного організму (Добровольський П.А., 2021; Vozhehova R. A., Lykhovyd P. V., Lavrenko S. O. 2023) [10, 148]. Гісоп — холодостійка рослина, добре зимує у відкритому ґрунті, посухостійка і

невимоглива до родючості. Добре росте на одному місці протягом 3–4 років. Іноді його вирощують як однорічну культуру, при цьому врожайність зеленої маси становить 9–10 т/га. Для отримання ранньовесняної продукції застосовують малогабаритні плівкові укриття (Коваленко О., Абрамова В., Андрійченко Л., 2018) [19].

Урожайність трирічних рослин у посівній культурі в середньому становить близько 1,2 кг/м², а при вегетативному розмноженні — на 54,2% вища (Skrypnik L., et al., 2022; Pakseresht G., et al., 2016) [63, 141]. Оптимальними попередниками є коренеплідні та злакові культури, які ефективно очищають поле від бур'янів (Kovalenko O. A., Andreichenko L. V., 2019) [105]. Насіння висівають наприкінці весни — у першій декаді травня. У південних регіонах сівбу проводять у два терміни: весняний (середина квітня) нестратифікованим насінням і підзимовий (середина листопада). Спосіб сівби — рядковий, з міжряддями 45, 60 або 70 см. Норма висіву становить 1,5–6,0 кг/га, іноді — до 15 кг/га (Добровольський П. А., 2021) [9].

Глибина загортання насіння — 0,5–1,5 см. При підзимовій сівбі сходи з'являються на початку квітня, при весняному — через 8–18 діб після сівби. Сходи проріджують на відстані 10–20 см між рослинами. Для створення багаторічних насаджень доцільно використовувати розсадний спосіб. Розсаду вирощують у холодних теплицях із висівом наприкінці березня, а на постійне місце висаджують на початку червня. У полі рослини розміщують на відстані 25–40 см у ряду (Ишмуратова М. Ю. 2018; Kovalenko O., Andreichenko L., Polyansky S., 2022) [14, 106].

Підготовка ділянки до посадки або висіву насіння гісопу починається з осіннього внесення органічного добрива з розрахунку 40–50 т/га та фосфорно-калійного добрива в дозі P₅₀K₅₀. Пізньовесняний строк сівби проводять у першій декаді травня. При сівбі норма висіву становить 1,5–6,0 кг/га, глибина загортання — 0,5–1,0 см, ширина міжрядь — 45–60 см. При висадці розсади використовують 60–80 тис. рослин на гектар (Р. А. Вожегова, О. А. Коваленко, П. В. Лиховид та

ін. 2023; Ghanbari-Odivi A., Fallah S., Carrubba A., 2024; Yang S. et al., 2024) [30, 84, 150].

Догляд за рослиною полягає в прополюванні та розпушуванні. У перший рік вегетації плантацію обробляють 2–3 рази ручним просапуванням. У наступні роки рослини на початку або в кінці вегетації підживлюють мінеральними добривами з розрахунку $N_{40}P_{60}K_{60}$ (Коваленко О.А., Андрійченко Л.В., 2021) [17]. На промислових плантаціях гісоп вирощують із застосуванням зрошення, що сприяє підвищенню врожайності та вмісту ефірної олії (Коваленко О. А. 2022; Коваленко О., Абрамова В., Андрійченко Л., 2018) [15, 19].

При дозріванні насіння легко осипається, тому його збирають вибірково, акуратно зрізуючи верхівки пагонів із побурілим насінням. Для просушування та дозрівання сировину підвішують під навісом або в провітрюваному приміщенні. Найвища врожайність насіння з гектара спостерігається у перші три роки використання плантацій (0,49–0,61 т/га), нижча — у наступні два роки (0,24–0,31 т/га). Середня врожайність насіння гісопу становить 0,25–0,60 т/га і більше (Свиденко Л. В., Єжов В. М., 2015) [32].

На другий і наступні роки, навесні та влітку, після кожного зрізання зеленої маси під гісоп вносять по 15–20 г аміачної селітри, 10–15 г суперфосфату та 10 г калійної солі на 1 м² (Ghanbari-Odivi A., Fallah S., Carrubba A., 2024) [84]. Кращому збереженню рослин за несприятливих умов сприяє збільшення доз фосфору (P_{60-80}) (Gyaneshwar P., et al., 2002; Kovalenko O. A., Andreichenko L. V., 2019) [87, 105]. Підвищенню врожайності гісопу сприяє тепла погода при достатньому зволоженні в метровому шарі ґрунту (110–136 мм продуктивного зволоження). За сприятливих погодних умов рослини потребують фосфорного і калійного підживлення, тоді як потреба в калії в холодних і сухих умовах знижується. Гісоп негативно реагує на надлишок азоту, що знижує вміст ефірної олії (Коваленко О., Абрамова В., Андрійченко Л., 2023) [18].

Добрива по-різному впливають на накопичення окремих амінокислот. У таких випадках підвищується вміст аспарагінової кислоти, треоніну, серину, глютамінової кислоти, проліну, гліцину, валіну, метіоніну, ізолейцину, лейцину,

тирозину, гістидину, лізину та аргініну в рослинному білку (Коваленко О. А., Андрійченко Л. В. 2019) [16].

Гісоп слабо уражається іржею та ризоктоніозом. Основними профілактичними заходами є дотримання сівозміни та спалювання рослинних решток (Свиридовський В. М., та ін., 2024) [33].

Отже, агротехніка гісопу добре розвинена для південних регіонів України та Центральної і Південної Європи. Разом із тим, питання вирощування гісопу в промисловій культурі в Україні залишається відкритим. З огляду на екологічну пластичність виду, при створенні науково обґрунтованої агротехніки гісоп може стати перспективним джерелом сировини з високою біологічною активністю (Vozhehova R. A., Lykhovyd P. V., Lavrenko S. O., 2023) [148].

1.5 Біологічно активні препарати в системі вирощування гісопу лікарського

Використання регуляторів росту у виробництві овочевої продукції для підвищення врожайності, схожості насіння і регуляції розвитку рослин у період вегетації активно досліджується з кінця ХХ століття. На даний час фіторегулятори широко застосовуються при вирощуванні лікарських рослин, зокрема гісопу [20, 25, 35, 40, 41, 42, 44].

У дослідженнях, проведених на гісопі, встановлено, що обробка рослин цирконом, епіном, гуматом натрію, гібереліном та іншими фіторегуляторами сприяє підвищенню лабораторної схожості насіння, енергії проростання, прискоренню фенофаз та накопиченню біологічно активних речовин. Зокрема, спільне застосування Епіну та Циркону підвищувало схожість насіння гісопу на 14,2%, а комбінація Циркону з Цитовітом, гуматами і гіберелінами — на 9,4% (Arshad M., Frankenberger W.T. Jr. 1997; M. T. Darzi et al., 2016) [49, 70].

Залежно від погодних умов року приріст вмісту ефірної олії після обробки фіторегуляторами становив від 15 до 60%. Найшвидше підвищення вмісту ефірної олії спостерігалось після обробки препаратом 2-HEFA, порівняно з ССС

(Skrypnik L., et al. 2022) [63]. Гумат натрію сприяв накопиченню калію і фосфору в сировині гісопу, а максимальний вміст калію був зафіксований при застосуванні Епіну. При цьому вміст нітратів у продукції був у чотири рази нижчим за допустимий рівень (Djumaniyazova G., et al., 2023; Imbrea I. M., et al. 2024) [64, 66].

Міжнародний досвід застосування рістрегулюючих речовин на гісопі демонструє перспективні результати, зокрема, в Ірані. Дослідження, проведені в Університеті Мешгед, показали, що гіберелінова кислота (GA_3) сприяє видовженню пагонів та збільшенню висоти рослин, але може зменшувати щільність куща. Натомість, бензиламінопурин (BAP) стимулює галуження, збільшує кількість пагонів та загальну біомасу. Найбільший вміст ефірної олії було зафіксовано при комбінованому застосуванні GA_3 та BAP у помірних концентраціях (Duschanova G. M., et al. 2022; Koocheki A., Tabrizi L., Ghorbani R 2008), [73, 103].

Дослідження, проведені в Егейському університеті (Ege University) в Ізмірі, вивчали вплив хлормеквату хлориду (CCC) та паклобутразолу (PBZ) на ріст та вміст ефірних олій у рослинах. Застосування CCC (500–1000 ppm) призводило до зменшення висоти рослин, збільшення щільності куща та сприяло накопиченню ефірної олії. В свою чергу, PBZ (25–50 ppm) пригнічував ріст рослин, але значно підвищував концентрацію терпеноїдів у їх листках. Результати показують, що обидві речовини можуть бути використані для формування компактних рослин з високим вмістом ефірних олій, що робить їх більш придатними для механізованого збору (Deng C., et al., 2022; Gupta A. et al., 2021) [116, 123].

Італійські аграрні дослідники провели випробування біостимуляторів на основі L-аргініну та глютамінової кислоти, зосереджуючись на їх впливі на лікарські рослини. Результати показали, що застосування біостимуляторів у фазі бутонізації сприяло збільшенню кількості квіток, а також підвищенню вмісту флавоноїдів та антиоксидантної активності в рослинах. Важливо відзначити, що використання біостимуляторів не призвело до змін у морфології рослин,

натомість було зафіксовано покращення якості лікарської сировини (Veneva A., et al., 2022; Skrypnik L., et al., 2024) [124, 136].

Таким чином, застосування рістрегулюючих речовин на лікарських і ароматичних рослинах взагалі, і гісопу зокрема, не є поширеним сільськогосподарським прийомом на даний момент. Це пов'язано з тим, що кожна культура вимагає індивідуального підбору препарату, часу обробки і концентрації. З огляду на високу специфічність цієї групи сполук, в деяких випадках необхідно враховувати не тільки види, але і сортові особливості. Однак зусилля по оптимізації параметрів використання регуляторів росту окупаються за рахунок підвищення стійкості до шкідників і хвороб, можливості збільшувати вміст біологічно активних речовин в сировині навіть в несприятливих умовах і при цьому зберігати екологічну чистоту продукції. Відповідно, у своїй роботі ми обрали фіторегулятори, які мають, з одного боку, високу ефективність, а з іншого – екологічну безпеку, що дуже важливо при вирощуванні зелених та лікарських культур. Другим напрямком у нашій роботі був відбір високопродуктивних та стабільних популяцій та сортів гісопу лікарського в умовах Південного Степу України за якими оцінювали за фенотиповими та біохімічними характеристиками.

Висновки з розділу 1

1. Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) є цінною ефіроолійною, медоносною і лікарською рослиною, яка з давніх часів використовувалась в медичних, кулінарних та фармацевтичних цілях. Його історичне і культурне значення підтверджується численними джерелами, від Гіппократа до сучасних фармакопей.

2. Морфологічна будова рослини, тривалість життєвого циклу, фенологічні фази, особливості розмноження та її екологічна пластичність свідчать про високу пристосованість гісопу до різних природних умов, що підтверджує перспективність його інтродукції в Україні.

3. Хімічний склад надземної частини гісопу включає ефірну олію, флавоноїди, тритерпенові кислоти, фенольні сполуки, вітаміни, макро- і

мікроелементи, що забезпечує широкий спектр біологічної активності і дозволяє використовувати рослину як сировину для фармацевтичної та функціональної продукції.

4. Ефірна олія гісопу є головним економічно важливим компонентом, яка відзначається стабільністю складу, багатоконпонентністю та наявністю речовин із антисептичною, протигрибковою, протівірусною і тонізуючою дією. Її терапевтичні властивості підтверджено сучасними медичними і фітохімічними дослідженнями.

5. Умови вирощування, агротехнічні прийоми, строки сівби, догляд та збирання урожаю суттєво впливають на врожайність та якість рослинної сировини. Встановлено, що застосування фітогормонів та біологічно активних препаратів позитивно впливає на схожість насіння, енергію проростання, інтенсивність росту і накопичення ефірної олії.

6. Завдяки своїм біологічним, хімічним і господарським характеристикам гісоп лікарський є перспективним об'єктом для впровадження у промислове культивування в Україні, з потенціалом створення високоякісної, екологічно безпечної сировини для медицини, харчування та косметології.

7. Попри значний обсяг досліджень біологічних особливостей гісопу лікарського, питання поєднаного впливу сучасних біологічно активних препаратів та сортових особливостей на формування продуктивності культури в специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Південного Степу України залишається вивченим недостатньо. Зокрема, потребує уточнення реакція різних сортів вітчизняної селекції на дію конкретних біостимуляторів, а також визначення оптимальних регламентів їх застосування для максимізації виходу ефірної олії та покращення її компонентного складу, що й зумовлює необхідність проведення подальших експериментальних досліджень у цьому напрямку.

Список використаних джерел до розділу 1

1. Бойко Р.М. Антимікробна активність екстрактів гісопу лікарського, вирощеного в Україні. *Мікробіологічний журнал*, 2016, Т. 78, №5, с. 45–52. DOI: [10.15407/microbiolj78.05.045](https://doi.org/10.15407/microbiolj78.05.045).

2. Гавай О. В., Сікорин У. Б., Грицик А. Р. Гісоп лікарський як перспективне джерело лікувальних засобів. *Науково-технічний прогрес і оптимізація технологічних процесів створення лікарських препаратів* : матеріали VI науково-практичної конференції з міжнародною участю (м., Тернопіль, 10–11 листопада 2016 р.). Тернопіль ТДМУ «Укрмедкнига», 2016. С. 37–38. URL: <https://surl.lu/phzzts>.

3. Герасько Т. В., Єременко О. А., Іванова І. Є., Покопцева Л. А. Показники продуктивності черешні за сумісного вирощування з лікарськими рослинами. *Таврійський науковий вісник*. 2020. Вип. 113. С. 35–42. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.5>.

4. Герасько Т. В., Заболоцька А. В. Вплив інокуляції симбіотичними грибами на показники продуктивності черешні в умовах залуження природними травами та гісопом лікарським. *Органічне агровиробництво: освіта і наука* : збірник тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 31 жовтня 2019 р.). Київ : Науково-методичний центр ВФПО, 2019. С. 69–71. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/8488/1/1.pdf>.

5. Герасько Т. В., Тодорова Л. В. Вплив інокуляції симбіотичними грибами на показники продуктивності черешні в умовах залуження природними травами та гісопом лікарським. *Scientific developments of ukraine and eu in the area of natural sciences*. 2020. Part 1. P. 102–118. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.7>.

6. Гнатюк Н. О., Душечкіна Н. Ю. Особливості компонентного складу ефірних олій деяких представників родини Lamiaceae Lindl в умовах Лісостепу України та оцінка їх біологічної активності. *ScienceRise: biological science*. 2018. No. 6(15). P. 23–29. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.152968>.

7. Гнатюк Н. О., Радіоза С. А., Юрчак Л. Д. Компонентний склад ефірних олій гісопу лікарського, монарди двійчастої, змієголовнику молдавського та оцінювання їх біологічної активності. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2010. Т. 42, № 3. С. 237–243.

8. Грунтознавство : підручник / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін, М. І. Лактіонов та ін. ; за ред. Д. Г. Тихоненко. Київ : Вища освіта, 2005. 703 с.

9. Добровольський П. А. Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах південного степу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2021. Вип. 120. С. 36-42. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.5>.

10. Добровольський П. А., Домарацький Є. О. Перспективи вирощування гісопу лікарського на півдні України. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє* : матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (м. Херсон, 28-29 жовтня 2021 р.). Херсон : ХДАЕУ, 2021. Вип. 4. С. 156-158. URL: <https://surl.li/yeyaid>.

11. Експериментальне моделювання процесів екстрагування ефірних олій у мікрохвильовому полі / О. А. Коваленко, Р. Л. Славинський, Я. С. Федосов та ін. *Scientific Works*. Вип. 87(1). С. 109-116. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i1.2700>.

12. Ефективність застосування нанокмпозитного комплексного бактеріального препарату азогран у технології вирощування проса / О. Г. Любчич, Р. Є. Грищенко, О. В. Глієва та ін. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 57–63. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.31.57-63>.

13. Єрмаков С. В., Белова Т. О. Фармакологічні властивості, біологічні особливості та технологія вирощування гісопу лікарського. *Актуальні проблеми вирощування та переробки продукції рослинництва* : матеріали II науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 17-18 квітня 2014 р.). Полтава : Полтавська державна аграрна академія, 2014. С. 33–35. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ce85d039-91c2-44e0-8aac-3d1283e5a389/content>.

14. Ишмуратова М. Ю. Влияние криоконсервации на всхожесть семян лекарственных растений. *Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій* : матеріали шостої Міжнародної науково-практичної

конференції (м. Полтава, 26-27 грудня 2017 р.). Лубни : Комунальне видавництво «Лубни», 2018. С. 42-45.

15. Коваленко О. А. Елементи живлення гісопу лікарського за краплинного зрошення на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 8–13. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.8>.

16. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В. Вміст ефірної олії та аскорбінової кислоти у рослинах гісопу лікарського за вирощування культури на краплинному зрошенні. *Інноваційні технології в рослинництві* : матеріали II Всеукраїнської інтернет-конференції (м. Кам'янець-Подільський, 15 травня 2019 р.). Кам'янець-Подільський, 2019. С. 67-69. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/6263/1/67-69.pdf>.

17. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В. Ефективність екологічно безпечних прийомів вирощування *Lavandula angustifolia* на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 75. С. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2021.75.8>.

18. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В., Добровольський П. А. Перспективи дослідження ефіроолійних культур на Миколаївщині. *Аграрні інновації*. 2023. № 24. С. 86–91. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.24.14>.

19. Коваленко О., Абрамова В., Андрійченко Л. Продуктивності гісопу лікарського за умов краплинного зрошення в південному в степу України. *Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 17-19 жовтня 2018 р., м. Миколаїв. – Миколаїв : МНАУ, 2018. – С. 7-9.. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9054/1/zbirnyk_tez_18_7-9.pdf

20. Корсун С. Г., Шморгун О. В., Дацько А. О. Зміна поживного режиму ґрунту під впливом застосування біологічного препарату «Граундфікс» в агроценозах лісостепу. *АгроТерра*. 2019. № 1–2 (7). С. 14–18.

21. Кособуцька О., Трохименко Г. Мікробіологічні препарати як засіб підвищення врожайності сільськогосподарських культур. *Екологічні проблеми сучасності* : збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Луцьк, 10 травня 2024 р.). Луцьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2024. С. 56–58.

22. Котюк Л. А. Онтоморфогенез *Hyssopus officinalis* L. за умов інтродукції в ботанічному саду ЖНАЕУ. *Сучасна фітоморфологія*. 2015. Т. 7. С. 135–146. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/3443/1/MP_2015_7_135-146.pdf.

23. Котюк Л. А., Рахметов Д. Б. Інтродукція *Hyssopus officinalis* L. у ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2012. Вип. 171, ч. 1. С. 101–105. URL: http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/2575/1/nvnau_lis_2012_171%281%29_101-105.pdf.

24. Котюк Л. А., Швайка О. В. Сезонні ритми розвитку *Hyssopus officinalis* за культивування в умовах Житомирського Полісся. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8, № 1. P. 335–341. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/2018_219.

25. Левішко А.С., Гуменюк І.І. Мікробні препарати для контролю чисельності фітофагів: механізми дії та переваги застосування. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2024. № 3. С. 311–318. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311186>

26. Манушкіна Т. М. Створення ґрунтозахисних фітоценозів ефіроолійних рослин в умовах Південного Степу України. *Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум* : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Миколаїв, 30-31 травня 2024 р.). Миколаїв : МНАУ, 2024. С. 93-95. DOI: <https://doi.org/10.31521/978-617-7149-78-0-30>.

27. Манушкіна Т. М. Формування ґрунтозахисних фітоценозів ефіроолійних культур на антропогенно порушених ґрунтах в умовах Південного степу України. *Поліські наукові читання – 2024* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 27-29 листопада 2024 р.). Чернігів, 2024. С. 203-207. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/20767/1/203-207.pdf>

28. Мілевич Е. О. Особливості інтродукції *Hyssopus officinalis* L. в ботанічному саду Житомирського національного агроєкологічного університету. *Біологічні дослідження. – 2013* : матеріали IV наук.-практич. всеукр. конф. (м. Житомир, 16-18 квітня 2013 р.). Житомир : Житомирський національний агроєкологічний університет. URL: https://eprints.zu.edu.ua/14126/1/Копия_конференція_2013.pdf.

29. Мірзоева Т. В. Перспективи розвитку лікарського рослинництва. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. : Економіка, аграрний менеджмент, бізнес.* 2013. Вип. 181(6). С. 176-181. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_econ_2013_181%286%29_30.

30. Моделювання врожайності гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від дози та регламенту внесення мінеральних добрив / Р. А. Вожегова, О. А. Коваленко, П. В. Лиховид та ін. *Зрошуване землеробство.* 2023. Вип. 79. С. 18–24. DOI: <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2023.79.2>

31. Нурмухаммедов А. К., Ганженко О. М. Застосування біочару у сільському господарстві (огляд літератури). *Біоенергетика.* 2022. № 1–2. С. 19–21. DOI: <https://doi.org/10.47414/be.1-2.2022.271345>

32. Свиденко Л. В., Єжов В. М. Перспективи вирощування деяких ефіроолійних культур у степу Південному. *Вісник аграрної науки.* 2015. Вип. 1. С. 81–85. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2015_06_04.pdf.

33. Свиридовський В. М., Марченко Т. Ю., Свиденко Л. В., Валентюк Н. О. Особливості онтогенезу рослин *Hyssopus officinalis* L. в умовах Південного

степу України. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 23–29. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.23>.

34. Славинський Р. Л., Коваленко О. А., Федосов Я. С. Славинська В. О. Інноваційні методи виробництва ефірних олій. *Scientific Works*. 2024. Вип. 88(1). С. 149-155. DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i1.2978>.

35. Сябрук Т. А., Коновалова В. М., Левенець Т. П., Рудік О. Л. Вплив біологічних препаратів на продуктивність льону олійного в умовах Південного Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2021. Т. 34. С. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.35868/1997-3004.34.61-68>.

36. Ткачова Є. С., Кваско Г. Е., Федорчук М. І. Перспективи вирощування гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) на півдні України. *Перлини степового краю* : матеріали доповідей Всеукраїнської науково-практичної агроекологічної конференції (м. Миколаїв, 21-23 листопада 2018 р.). Миколаїв : МНАУ, 2018. С. 12-14. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/7602>.

37. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Алелопатичні особливості гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.). *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 111–115. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.14>.

38. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Морфобіологічні особливості гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.). *Аграрні інновації*. 2020. № 9. С. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2020.9.17>.

39. Трохименко Г. Г., Кособуцька О. О., Літвак О. А., Благодатний В. В. Аналіз можливості підвищення урожайності сільськогосподарських культур на основі використання мікробних біоценозів. *Екологічні науки*. 2023. № 3(48). С. 182-189. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.29>

40. Флакей В. В. Вплив біологічних добрив на екологію ґрунтів та покращення їх родючості. *Мікробіологія в сучасному сільськогосподарському виробництві* : матеріали XV наук. конф. молодих вчених (м. Чернігів, 26 жовтня 2022 р.). Чернігів : Інститут сільськогосподарської мікробіології та

агропромислового виробництва, 2022. С. 91-93. URL:
<http://lib.osau.edu.ua/jspui/handle/123456789/3733>.

41. Харитонов М. М., Клімкіна І. І. Екологічна оцінка застосування біовугілля як домішки у верхній шар ґрунту штучного рекультивованого профілю. *Екологічні науки*. 2023. № 3 (48). С. 190–194. DOI:
<https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.30>

42. Хохлов А. В., Гомеля М. Д., Хохлова Л. Й. Детоксикація важких металів у ґрунті застосуванням модифікованого біовугілля з рисового лушпиння. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 125. С. 244–251. DOI:
<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.33>

43. A plant endophytic bacterium *Priestia megaterium* strain BP-R2 isolated from the halophyte *Bolboschoenus planiculmis* enhances plant growth under salt and drought stresses / H.-H. Hwang, P.-R. Chien, F.-C. Huang et al. *Microorganisms*. 2022. Vol. 10, no. 10. Article 2047. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10102047>.

44. Adjustment of the Penman-Monteith method for growing tomato seedlings in production conditions when applying drip irrigation / M. I. Romashchenko, A. P. Shatkovskiy, O. V. Zhuravlev. et al. *Land Reclamation and Water Management*. 2018. Vol. 2. P. 5-11.. DOI:
<https://doi.org/10.31073/mivg20180108-146>.

45. Ahmad Khan M. S., Ahmad I. Herbal medicine. New look to phytomedicine. London : Academic Press, 2019. P. 3–13. DOI:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814619-4.00001-X>.

46. Ajayi A. E., Horn R. Modification of chemical and hydrophysical properties of two texturally differentiated soils due to varying magnitudes of added biochar. *Soil & Tillage Research*. 2016. Vol. 164. P. 34–44. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.still.2016.01.011>

47. Allohverdi T., Mohanty A.K., Roy P., Misra M. A review on current status of biochar uses in agriculture. *Molecules*. 2021. Vol. 26, № 18. Article № 5584. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26185584>.

48. Andrews A. C. Hyssop in the Classical Era. *Classical Philology*. 2020. Vol. 56, № 4. DOI: <https://doi.org/10.1086/711591>.

49. Arshad M., Frankenberger W.T. Jr. Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. *Advances in Agronomy*. 1997. Vol. 62. P. 45–151. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60567-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60567-2)

50. Bacillus and Paenibacillus spp.: Potential PGPR for Sustainable Agriculture / V. Govindasamy, M. Senthilkumar, V. Magheshwaran et al. Plant Growth and Health Promoting Bacteria. Microbiology Monographs. 2010. Vol 18. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-13612-2_15.

51. Bacillus sp. WR12 alleviates iron deficiency in wheat via enhancing siderophore- and phenol-mediated iron acquisition in roots / Z. Yue, Y. Chen, Y. Hao et al. *Plant and Soil*. 2022. Vol. 471. P. 247–260. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-021-05218-y>

52. Baj T., Korona-Główniak I., Kowalski R., Malm A. Chemical composition and microbiological evaluation of essential oil from *Hyssopus officinalis* L. with white and pink flowers. *Open Chemistry*. 2018. Vol. 16, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1515/chem-2018-0083>

53. Bandeira W., Carvalho I. R., Watanabe L. F. M., Meireles L. G. Applicability of bacteria of the genera Paenibacillus and Bacillus in the productive performance of agricultural crops. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*. 2025. Vol. 18, № 3. Article № e16575. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.3-299>

54. Barrow C. J. Biochar: Potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Applied Geography*. 2012. Vol. 34. P. 21–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.008>

55. Biochar effects on soil biota – A review / J. Lehmann, M. C. Rillig, J. Thies et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. Vol. 43, № 9. P. 1812–1836. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>

56. Biochar effects on soil nutrient transformations / T. H. DeLuca, M. Gundale, M. D. MacKenzie et al. *Biochar for Environmental Management*. London : Routledge, 2024. P. 401-440. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003297673-16>

57. Biochar for environmental management: science, technology and implementation / eds. J. Lehmann, S. Joseph. 2nd ed. London : Routledge, 2015. 976 p. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203762264>

58. Biochar for soil amendment / P. Brassard, S. Godbout, V. Lévesque et al. *Char and Carbon Materials Derived from Biomass*. Amsterdam : Elsevier, 2019. P. 109–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814893-8.00004-3>.

59. Biochar implications for sustainable agriculture and environment: A review / W. M. Semida, H. R. Beheiry, M. Sétamou et al. *South African Journal of Botany*. 2019. Vol. 127. P. 333-347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.015>

60. Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses. / H. Schmidt, Kammann C., Hagemann N. et al. *GCB Bioenergy*. 2021. Vol. 13. P. 1708–1730. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12889>

61. Biochar-based agricultural soil management: An application-dependent strategy for contributing to carbon neutrality / B. Song, E. Almatrafi, X. Tan et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 167. Article № 112529. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112529>

62. Biofertilizing effect of putative plant growth promoting rhizobacteria in vitro and in tomatillo seedlings (*Physalis ixocarpa* Brot.) / H. F. Ramírez-Cariño, I. Morales, P. C. Guadarrama-Mendoza et al. *Scientia horticulturae*. 2023. Vol. 308. P. 111567. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111567>.

63. Biomass, phenolic compounds, essential oil content, and antioxidant properties of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) grown in hydroponics as affected by treatment type and selenium concentration / L. Skrypnik, P. Feduraev, T. Styran et al. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8, № 11. Article № 1037. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111037>.

64. Biotechnologic farming: an innovative approach to sustainable agriculture / G. Djumaniyazova, K. Narbaeva, B. Alikhanov et al. *E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 421. Article 01005. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342101005>.

65. Chan K. Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*. 2008. Vol. 46, № 5. P. 437–444. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR08036>

66. Chemical and biological properties of different Romanian populations of *Hyssopus officinalis* L. correlated via molecular docking / I. M. Imbrea, M. Osiceanu, A. Hulea et al. *Plants*. 2024. Vol. 13, № 22. Article № 3259. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13223259>.

67. Comparative genomic analysis of strain *Priestia megaterium* B1 reveals conserved potential for adaptation to endophytism and plant growth promotion / F. M. Mahmoud, K. Pritsch, R. Siani et al. *Microbiology Spectrum*. 2024. Vol. 12, No. 8. DOI: <https://doi.org/10.1128/spectrum.00422-24>.

68. Complementary inoculation of emerged soybean with the growth-promoting bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus* / R. L. Marchão, G. C. da Silva, S. R. M. Andrade et al. *Plants*. 2025. Vol. 14. P. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.20944/preprints202412.1031.v1>.

69. Cubero J., Lastra B., Salcedo C.I., Piquer J., López M.M. Systemic movement of *Agrobacterium tumefaciens* in several plant species. *Journal of Applied Microbiology*. 2006. Vol. 101, no. 2. P. 412–421. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02938.x>

70. Darzi M. T., Sadeghi Nekoo B. Effects of Organic amendments and Biofertilizer Application on some Morphological Traits and Yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 2016. Vol. 30(3). P. 491-500. DOI: <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v30i3.46003>.

71. Dobrovolskyi, P., Andriichenko, L., Kachanova, T., Manushkina, T. Creating hyssop phytocenoses in anthropogenically transformed ecosystems. *E3S web of conferences*. 2021. Vol. 255. P. 01009. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501009>.

72. Draft Genome Sequence of *Priestia* sp. Strain TSO9, a Plant Growth-Promoting Bacterium Associated with Wheat (*Triticum turgidum* subsp. durum) in the Yaqui Valley, Mexico / M.E. Ortega-Urquieta, V. Valenzuela-Ruiz, D. Mitra et al.

Plants. 2022. Vol. 11, No. 17. Article 2231. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11172231>

73. Duschanova G. M., Dusmuratova F. M., Begmatova D. K., Abdinazarov S. X. Structural features and growth development of *Hyssopus officinalis* L. in Tashkent and Jizzakh conditions. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*. 2022. Vol. 13, Special Issue 1. P. 725-737. DOI: <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S01.91>.

74. Effect of biochar on heavy metal immobilization and uptake by lettuce (*Lactuca sativa* L.) in agricultural soil / H. S. Kim, K. R. Kim, H. J. Kim et al. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 74. P. 1249–1259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4116-1>

75. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility / L. Van Zwieten, S. Kimber, S. Morris et al. *Plant and Soil*. 2010. Vol. 327. P. 235–246. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0050-x>

76. Effects of biochar on availability and plant uptake of heavy metals – A meta-analysis / D. Chen, X. Liu, R. Bian et al. *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 222. P. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.004>

77. Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions / Shabahng, J., Khorramdel, S., A. Siahmarguee et al. *Journal of Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 6, No. 2. P. 39374. DOI: <https://doi.org/10.22067/jag.v6i2.39374>.

78. Evaluation of plant growth promoting bacteria strains on growth, yield and quality of industrial tomato / N. Katsenios, V. Andreou, P. Sparangis et al. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9, no. 10. Article 2099. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9102099>.

79. Evaluation of the conditions for the cultivation of callus cultures of *Hyssopus officinalis* regarding the yield of polyphenolic compounds / O. Babich, S. Sukhikh, A. Pungin et al. *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 5. P. 915. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10050915>.

80. Exploring plant–bacterial symbiosis for eco-friendly agriculture and enhanced resilience / M. Qadir, A. Iqbal, A. Hussain et al. *International journal of molecular sciences*. 2024. Vol. 25, no. 22. P. 12198. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms252212198>

81. Fasusi O. A., Cruz C., Babalola O. O. Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture*. 2021. Vol. 11, no. 2. P. 163. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture11020163>.

82. Functional and genomic analyses of plant growth promoting traits in *Priestia aryabhattai* and *Paenibacillus* sp. isolates from tomato rhizosphere / C. Almirón, T.D. Petitti, M.A. Ponso et al. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Article 3498. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-87390-0>

83. Galkin M. B., Ruzhanskyi B. P. The role of bacillus spp. in sustainable agriculture and biocontrol. *Microbiology&Biotechnology*. 2024. No. 3(62). P. 6–32. URL: [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2024.3\(62\).315016](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2024.3(62).315016)

84. Ghanbari-Odivi A., Fallah S., Carrubba A. Optimizing hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivation: effects of different manures on plant growth and essential oil yield. *Horticulturae*. 2024. Vol. 10, № 9. Article № 894. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090894>.

85. Growth increase in the herbaceous plant *Centella asiatica* by the plant growth-promoting rhizobacteria *Priestia megaterium* HyangYak-01 / H.W. Jo, K. Lim, J.C. Ibal et al. *Plants*. 2023. Vol. 12, no. 13. Article 2398. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132398>.

86. Gupta A., Bano A., Sharma Pathak S. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Sustainable Agriculture to Rescue the Vegetation from the Effect of Biotic Stress: a Review. *Letters in Applied NanoBioScience*. 2021. Vol. 10, no. 3. P. 2459–2465. DOI: <https://doi.org/10.33263/LIANBS103.24592465>.

87. Gyaneshwar P., Kumar G.N., Parekh L.J., Poole P.S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*. 2002. Vol. 245. P. 83–93. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020663916259>

88. Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*. 2010. Vol. 60. P. 579–598. URL:

<https://annalsmicrobiology.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13213-010-0117-1>

89. Holmes B. Taxonomy of *Agrobacterium*. *Acta Horticulturae*. 1988. Vol. 225. P. 4. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1988.225.4>

90. Hristova Y., Wanner J., Jirovetz L., Stappen I., Iliev I., Gochev V. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Hyssopus officinalis* L. from Bulgaria against clinical 1 isolates of *Candida* species. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2015. Vol. 29, № 3. P. 592–601. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13102818.2015.1020341>

91. Hydrological properties of a clay loam soil as affected by biochar application in a pot experiment / A. Libutti, M. Francavilla, M. Monteleone et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Article № 489. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11030489>

92. Ikiz B., Yildiz Dasgan H., Gruda N. S. Utilizing the power of plant growth promoting rhizobacteria on reducing mineral fertilizer, improved yield, and nutritional quality of Batavia lettuce in a floating culture. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 1616. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51818-w>.

93. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil / S. Abel, A. Peters, S. Trinks et al. *Geoderma*. 2013. Vol. 202–203. P. 183–191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.003>

94. Ippolito J. A., Laird D. A., Busscher W. J. Environmental benefits of biochar. *Journal of Environmental Quality*. 2012. Vol. 41, № 4. P. 967–972. DOI: <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0151>

95. Jangi F., Ebadi M.-T., Ayyari M. Qualitative changes in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) as affected by cold plasma, packaging method and storage duration. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2021. Vol. 22, № 100289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100289>

96. Jangi F., Ebadi M.-T., Ayyari M. Qualitative characteristics of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under the influence of harvest time and drying methods. *Drying technology*. 2021. Vol. 40, no. 13. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1955375>.

97. Jetiyanon K., Boontawee S., Padawan S., Plianbangchang P. Efficacy of *Bacillus atrophaeus* strain RS36 and *Priestia megaterium* strain RS91 with Partially Reduced Fertilization for Bacterial Leaf Blight Suppression in Rice Seedlings. *Agricultural Science and Technology Review*. 2024. Vol. 32, no. 3. DOI: <https://doi.org/10.69650/ahstr.2024.2509>

98. Judzentiene A. Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. London : Academic Press is an imprint of Elsevier, 2016. P. 471–479. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00053-5>.

99. Kalus K., Koziel J.A., Opaliński S. A review of biochar properties and their utilization in crop agriculture and livestock production. *Applied Sciences*. 2019. Vol. 9, № 17. Article № 3494. DOI: <https://doi.org/10.3390/app9173494>

100. Khan R., Shawl A. S., Tantry M. A. Determination and seasonal variation of chemical constituents of essential oil of *Hyssopus officinalis* growing in Kashmir valley as incorporated species of Western Himalaya. *Chemistry of natural compounds*. 2012. Vol. 48, no. 3. P. 502–505. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10600-012-0290-5>.

101. Kizil S., Güler V., Kirici S., Turk M. Some agronomic characteristics and essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under cultivation conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2016. Vol. 15, Issue (6). P. 103-113. URL: <https://czasopisma.up.lublin.pl/asphc/index>

102. Kızıl S., Toncer O., Ipek A., Arslan N., Sağlam S., Mahmood Khawar K. Blooming stages of Turkish hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) affect essential oil composition // *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*. – 2008. – Vol. 58. – P. 273–279. – <https://doi.org/10.1080/09064710701647297>

103. Koocheki A., Tabrizi L., Ghorbani R. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2008. Vol. 6, № 1. DOI: <https://doi.org/10.22067/gsc.v6i1.1184>.

104. Kotyuk L. A. Biological and morphological features of erems of *Hyssopus officinalis* L. (Lamiaceae Lindl.). *Modern Phytomorphology*. 2017. № 11. C. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.569064>.

105. Kovalenko O. A., Andreichenko L. V. How to grow a new spicy-aromatic plant in the culture of common hyssop in the southern part of the steppe of Ukraine. *The Ukrainian FARMER: partner of the Regimern Farmer*. 2019. Vol. 2(110). P. 122-123. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-20.05.2022.034>.

106. Kovalenko O., Andreichenko L. Polyansky S. Influence of sowing dates, irrigation regimes and mineral fertilizers on the productivity of common hyssop. *Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences : III International Scientific and Practical Conference (Cambridge, May 20, 2022)*. Cambridge, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-20.05.2022.034>.

107. Kumar S., Diksha, Sindhu S. S., Kumar R. Harnessing phosphate-solubilizing microorganisms for mitigation of nutritional and environmental stresses, and sustainable crop production. *Planta*. 2025. Vol. 261. Article 95. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00425-025-04669-2>.

108. Kumar V., Kaur N., Kaur A., Wadhwa P. Phytochemistry and pharmacology of indian traditional plant hyssop (*Hyssopus officinalis* L.): a review. *The natural products journal*. 2022. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.2174/2210315512666220811153919>.

109. Kuzmanović N., Puławska J., Smalla K., Nesme X. *Agrobacterium rosae* sp. nov., isolated from galls on different agricultural crops. *Systematic and Applied Microbiology*. 2018. Vol. 41, no. 3. P. 191–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2018.01.004>

110. Lotfi R., Pessarakli M., Gharavi-Kouchebagh P., Khoshvaghti H. Physiological responses of *Brassica napus* to fulvic acid under water stress:

Chlorophyll a fluorescence and antioxidant enzyme activity. *Crop Journal*. 2015. Vol. 3, Issue 4. P. 195–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.05.006>.

111. Manushkina T., Kachanova T., Samoilenko M. The effect of plant growth regulators on productivity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) in the conditions of the southern steppe of Ukraine. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21(2). P. 834–845. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.23.053>.

112. Marchão R.L., da Silva G.C., Andrade S.R.M., Reis Junior F.B. Improving Soybean Development and Grain Yield by Complementary Inoculation with Growth-Promoting Bacteria *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Priestia*, and *Bacillus*. *Plants*. 2025. Vol. 14, № 3. Article № 402. doi: <https://doi.org/10.3390/plants14030402>

113. Mašek O., Brownsort P., Cross A., Sohi S. Influence of production conditions on the yield and environmental stability of biochar. *Fuel*. 2013. Vol. 103. P. 151–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.08.044>

114. McSpadden Gardener B. B. Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in agricultural systems. *Phytopathology*. 2004. Vol. 94, no. 11. P. 1252–1258. DOI: <https://doi.org/10.1094/phyto.2004.94.11.1252>

115. Mićović T. Therapeutic potential of *Hyssopus officinalis* L. in skin problems – a review. *Farmacia*. 2024. Vol. 72, no. 4. P. 730–750. DOI: <https://doi.org/10.31925/farmacia.2024.4.2>.

116. Molecular Mechanisms of Plant Growth Promotion for Methylophilic *Bacillus aryabhattai* LAD / C. Deng, X. Liang, N. Zhang et al. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.917382>

117. Nakano M. Development of a multiplex real-time PCR assay for the identification and quantification of group-specific *Bacillus* spp. and the genus *Paenibacillus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2020. Vol. 323. Article № 108573. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108573>

118. Nitrate absorption and desorption by biochar / Z. He, C. Wang, H. Cao et al. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, № 9. Article № 2440. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13092440>

119. Nitrogen fixation in cereals / M. Rosenblueth, E. Ormeño-Orrillo, A. López-López et al. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Article № 1794. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01794>

120. Norboyev, M., Axanbayev, S., Akramov, I., Ismailov, Z. Antifungal activity of prospective strains of endophytic bacteria. *BIO web of conferences*. 2024. Vol. 130. P. 01021. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413001021>.

121. Olle M., Williams I.H. Effective microorganisms and their influence on vegetable production - A review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2013. Vol. 88, № 4. P. 380–386. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2013.11512979>

122. Phytochemistry and pharmacological profile of traditionally used medicinal plant hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of applied pharmaceutical science*. 2018. Vol. 8, no. 7. P. 132–140. URL: <https://doi.org/10.7324/japs.2018.8721>

123. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Sustainable Agriculture to Rescue the Vegetation from the Effect of Biotic Stress: a Review / A. Gupta, A. Bano, S. Rai et al. *Letters in Applied NanoBioScience*. 2021. Vol. 10, no. 3. P. 2459–2465. DOI: <https://doi.org/10.33263/LIANBS103.24592465>.

124. Polyphenolic content and antioxidant activity of *Hyssopus officinalis* L. from the republic of moldova / A. Benea, C. Ciobanu, N. Ciobanu et al. *Moldovan Medical Journal*. 2022. Vol. 65, no. 2. P. 41–46. URL: <https://doi.org/10.52418/moldovan-med-j.65-2.22.06>.

125. Priestia sp. LWS1 Is a Selenium-Resistant Plant Growth-Promoting Bacterium That Can Enhance Plant Growth and Selenium Accumulation in *Oryza sativa* L. / X.-R. Lin, H.-B. Chen, Y.-X. Li et al. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 6. Article 1301. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061301>.

126. Prisa D., Fresco R., Spagnuolo D. Microbial biofertilisers in plant production and resistance: a review. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, no. 9. P. 1666. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture13091666>.

127. Quilliam R. S., Glanville H. C., Wade S. C., Jones D. L. Life in the ‘charosphere’ – Does biochar in agricultural soil provide a significant habitat for

microorganisms? *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. Vol. 65. P. 287–293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.06.004>.

128. Rangslang R.K., Liu Z., Lütken H., Faver B.T. Agrobacterium spp. genes and ORFs: Mechanisms and applications in plant science. *Ciênc. agrotec.* 2018. Vol. 42, no. 5. P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542018425000118>

129. Recent developments in biochar as an effective tool for agricultural soil management: a review / M. Laghari, R. Naidu, B. Xiao et al. *Journal of the science of food and agriculture*. 2016. Vol. 96, no. 15. P. 4840–4849. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7753>.

130. Remarkable effects of microbial factors on soil phosphorus bioavailability: A country-scale study / J.-l. Lu, P. Jia, S.-w. Feng et al. *Global Change Biology*. 2022. Vol. 28, no. 4. P. 1151–1164. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16213>.

131. Richardson A.E., Barea J.-M., McNeill A.M., Prigent-Combaret C. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*. 2009. Vol. 321. P. 305–339. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-009-9895-2>

132. Rios-Ruiz W.F., Tuanama-Reátegui C., Huamán-Córdova G., Valdez-Nuñez R.A. Co-inoculation of endophytes *Bacillus siamensis* TUR07-02b and *Priestia megaterium* SMBH14-02 promotes growth in rice with low doses of nitrogen fertilizer. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 3. Article 524. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12030524>

133. Saebi A., Minaei S., Mahdavian A. R., Ebadi M. T. Precision harvesting of medicinal plants: Elements and ash content of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) as affected by harvest height. *Biological Trace Element Research*. 2021. Vol. 199. P. 753–762. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-020-02171-2>.

134. Sehrawat A., Sindhu S.S. Zinc-Solubilizing Microorganisms: Contributions in Nutrient Availability and Implications for Crop Productivity in Sustainable Agriculture. *Plant Holobiome Engineering for Climate-Smart Agriculture. Sustainable Plant Nutrition in a Changing World* / eds. R. Z. Sayyed, N. Ilyas. Springer : Singapore, 2024. P. 183-213. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-9388-8_11.

135. Sitlaothaworn K. Identification and application in plant of plant growth-promoting endophytic bacteria : doctoral thesis / Faculty of Science. Chulalongkorn University, 2022. DOI: <https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2022.29>

136. Skrypnik L., Maslennikov P., Antipina M., Katsarov D., Feduraev P. Comparative study on the response of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.), salvia (*Salvia officinalis* L.), and oregano (*Origanum vulgare* L.) to drought stress under foliar application of selenium. *Plants*. 2024. Vol. 13, № 21. Article № 2986. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13212986>.

137. Srivastava A., Awasthi K., Kumar B., Misra A., Srivastava S. Pharmacognostic and pharmacological evaluation of *Hyssopus officinalis* L. (Lamiaceae) collected from Kashmir Himalayas, India // *Pharmacognosy Journal*. – 2018. – Vol. 10 – P. 690–693. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2018.4.114>

138. Stabilization of heavy metal-contaminated soils by biochar: Challenges and recommendations / Y. Wang, Y. Liu, W. Zhan et al. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 729. Article № 139060. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139060>

139. Stokstad E. The nitrogen fix. *Science*. 2016. Vol. 353, Issue 6305. P. 1225-1227. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.353.6305.1225>

140. Straw biochar-induced modification of the soil physical properties enhances growth, yield and water productivity of maize under deficit irrigation / A. A. Alfadil, H. Shaghaleh, Y. Alhaj Hamoud et al. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2021. Vol. 52. P. 1954–1970. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1901913>

141. Study of callus induction and cell culture to secondary metabolite production in *Hyssopus officinalis* L. / G. Pakseresht, D. Kahrizi, M. Mansouri et al. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*. 2016. Vol. 5, No. 2. P. 104-111. URL: https://journals.lww.com/jrps/abstract/2016/05020/study_of_callus_induction_and_cell_culture_to.6.aspx.

142. Study of the component composition of essential oil, morphology, anatomy and ploidy level of *Hyssopus officinalis* f. *cyaneus* Alef / Yu.V. Plugatar, I.

V. Bulavin, N. N. Ivanova et al. *Horticulturae*. 2023. Vol. 9, № 4. Article № 480. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040480>.

143. Systemic movement of *Agrobacterium tumefaciens* in several plant species / J. Cubero, B. Lastra, C.I. Salcedo et al. *Journal of Applied Microbiology*. 2006. Vol. 101, no. 2. P. 412–421. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02938.x>

144. Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., Sedykh, S. E. Plant Growth-Promoting Soil Bacteria: Nitrogen Fixation, Phosphate Solubilization, Siderophore Production, and Other Biological Activities. *Plants*. 2023, Vol. 12, Issue 24. Article 4074, DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12244074>

145. Unearthing the soil-bacteria nexus to enhance potassium bioavailability for global sustainable agriculture: a mechanistic preview / S. Babar, A. Baloch, M. Qasim et al. *Microbiological research*. 2024. P. 127885. URL: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127885>.

146. Vaghela N., Gohel S. Medicinal plant-associated rhizobacteria enhance the production of pharmaceutically important bioactive compounds under abiotic stress conditions. *Journal of basic microbiology*. 2022. Vol. 63(3-4). P. 308–325. URL: <https://doi.org/10.1002/jobm.202200361>.

147. Venditti A. Essential oil composition, polar compounds, glandular trichomes and biological activity of *Hyssopus officinalis* subsp. *aristatus* (Godr.) Nyman from central Italy. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 77. P. 353–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.002>

148. Vozhehova R. A., Lykhovyd P. V., Lavrenko S. O. Determination of the optimal areas for medicinal and aromatic plants cultivation in Ukraine depending on water and heat supply. *Taurian scientific herald*. 2023. No. 131. P. 36–45. DOI: : <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.5>.

149. Wesołowska A., Jadczyk D., Grzeszczuk M. Essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in north-western Poland. *Journal of Essential Oil Research*. 2010. Vol. 22, № 1. P. 56–58. URL:

https://www.researchgate.net/publication/259175985_Essential_oil_composition_of_hyssop_Hyssopus_officinalis_L_cultivated_in_north-western_Poland

150. Yang S., Ning Y., Li H., Zhu Y. Effects of *Priestia aryabhatai* on Phosphorus Fraction and Implications for Ecoremediating Cd-Contaminated Farmland with Plant–Microbe Technology. *Plants*. 2024. Vol. 13, No. 2. Article 268. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13020268>

151. Zawislak G. Hyssop herb yield and quality depending on harvest term and plant spacing. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2011. Vol. 10(3). P. 331-342. URL: <https://bibliotekanauki.pl/articles/11542007.pdf>.

152. Zawislak G. Morphological characters of *Hyssopus officinalis* L. and chemical composition of its essential oil. *Modern Phytomorphology*. 2013. № 4. C. 93–95. URL: <https://scispace.com/pdf/morphological-characters-of-hyssopus-officinalis-l-and-ulsukqbuur.pdf>.

153. Zelaya-Molina L. X., Guerra-Camacho J. E., Ortiz-Álvarez J., Viguera-Cortés J. M. Plant growth-promoting and heavy metal-resistant *Priestia* and *Bacillus* strains associated with pioneer plants from mine tailings. *Archives of Microbiology*. 2023. Vol. 205, № 9. Article № 318. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03650-5>

154. Zheljazkov V. D., Astatkie T., Hristov A. N. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. *Industrial Crops and Products*. 2012. Vol. 36, № 1. P. 222–228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.010>.

155. Zinc oxide nanoparticles synthesized using *Hyssopus officinalis* L. extract induced oxidative stress and changed the expression of key genes involved in inflammatory and antioxidant systems / G. Rahimi, K. Shah-Mohammad, M. Zarei et al. *Biological Research*. 2022. Vol. 55. Article 392. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40659-022-00392-4>.

156. Tabrizi L., Koocheki A., Ghorbani R. Effect of Biofertilizers on Agronomic Criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Cultivating the Future Based on Science: 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture*

Research ISOFAR (Modena, Italy, June 18-20, 2008). URL: <http://orgprints.org/13672>.

157. Wolff, D. Nectar sugar composition and volumes of 47 species of Gentianales from a southern Ecuadorian montane forest. *Annals of Botany*, 2006, 97(5), 767–777. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl033>

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ, УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика ґрунтового покриву дослідних ділянок

Ґрунтовий покрив степової зони України вирізняється значною різноманітністю, демонструючи поступовий перехід від типових чорноземів у північній частині регіону до темно-каштанових та каштанових ґрунтів у південній. Ця зональна зміна супроводжується закономірним підвищенням рівня залягання та ступеня мінералізації ґрунтових вод, а також посиленням процесів засолення, солонцюватості та осолодіння ґрунтів, що зумовлено особливостями кліматичних умов та геоморфологічної будови території. На додаток до зональних ґрунтів, для яких характерні чітко окреслені межі поширення, у степовій зоні також представлені азональні ґрунти, зокрема, лугово-чорноземні ґрунти, дернові піщані ґрунти та слабозакріплені піски, що приурочені до заплав річок та річкових терас і займають там суттєві площі. Більшість ґрунтів степової зони, з огляду на їх геоморфологічні, гідрогеологічні умови, меліоративні характеристики та агрономічні властивості, загалом придатні для зрошення. Однак, для забезпечення ефективного та екологічно безпечного використання, кожен тип та вид ґрунту потребує індивідуального підходу, враховуючи його унікальні фізико-хімічні властивості, рівень родючості та потенційну реакцію на зрошення [1, 3].

Український степ, будучи основним аграрним регіоном країни, характеризується високим ступенем освоєння ландшафтів. Кліматичні та ґрунтові особливості зумовлюють поділ степової зони на дві підзони: Північний та Південний Степ. Південний Степ, у свою чергу, диференціюється на підзони Південного та Сухого Степу. Південь України, як географічний регіон, охоплює територію чотирьох областей: Запорізької, Миколаївської, Одеської та Херсонської [1].

Польові дослідження проводилися впродовж 2022-2024 років на базі Науково-навчально-практичного центру Миколаївського національного

аграрного університету (ННПЦ МНАУ), розташованого в Миколаївському районі Миколаївської області, на рівнинній ділянці.

Ґрунт досліджуваної ділянки ідентифіковано як чорнозем південний малогумусний слабкосолонцюватий важкосуглинковий, сформований на лесовій основі. Важливо підкреслити, що леси відіграють ключову роль в ґрунтоутворенні на території України, будучи одними з найбільш цінних материнських порід. Характеризуючись глинистою структурою, леси представляють собою добре відсортовану, світло-буру за кольором осадову породу. Відсутність шаруватості є характерною ознакою, а значний вміст карбонатів кальцію (13–16%) у вигляді плісняви та прожилок обумовлює їх особливі властивості. Саме висока концентрація карбонатів кальцію сприяє ефективній фіксації розкладеної органічної речовини та коагуляції гумусових речовин, що безпосередньо впливає на формування ґрунтів з високим вмістом гумусу та чітко вираженою зернистою структурою, яка має значну агрономічну цінність. Специфічною рисою лесів є їх здатність до розпаду на агрегати стовпчастої форми різних розмірів, а також вертикальне розтріскування з утворенням крутих вертикальних площин, що необхідно враховувати при проведенні агротехнічних заходів [3, 5].

Ґранулометричний склад чорнозему південного на дослідній ділянці характеризується як важкосуглинковий. Відсутня диференціація за генетичними горизонтами.

Основні водно-фізичні та фізико-хімічні властивості орного шару чорнозему південного на дослідній ділянці характеризуються ємністю вбирання на рівні 40–42 мг.-екв. на 100 г ґрунту (табл. 2.1, 2.2). Аналіз складу обмінно-увібраних катіонів виявив домінування кальцію (22–27 мг.-екв./100 г ґрунту) та магнію (7,2–8,5 мг.-екв./100 г ґрунту), з незначною присутністю натрію (0,3–0,5 мг.-екв./100 г ґрунту) та калію (0,7–0,8 мг.-екв./100 г ґрунту). Це свідчить про те, що ґрунтово-вбирний комплекс переважно насичений катіонами кальцію та магнію [6].

Таблиця 2.1

**Водно-фізичні характеристики орного шару чорнозему південного
дослідної ділянки**

Показник	Значення показника
Щільність складення, г/см ³	1,21–1,23
Щільність твердої фази ґрунту, г/см ³	2,62–2,63
Максимально-адсорбційна вологоємність, %	5,4–6,3
Вологість в'янення, %	12,0–13,5
Найменша вологоємність, %	27,5–32,5
Капілярна вологоємність, %	33,5–36,5

Фізико-хімічні показники орного шару ґрунту представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

**Фізико-хімічні показники орного шару чорнозему південного дослідної
ділянки**

Показник	Значення показника	
Гумус, %	2,9–3,2	
pH	6,8–7,2	
N, мг/кг	20–25	
P ₂ O ₅ ,	36–40	
K ₂ O,	320–460	
Поглинуті катіони, мг.-екв. на 100 г ґрунту	Ca ²⁺	22,0–27,0
	Mg ²⁺	7,2–8,5
	Na ⁺	0,3–0,5
	K ⁺	0,7–0,8

Хімічний склад ґрунту є результатом складної взаємодії різноманітних процесів і чинить значний вплив на його родючість, фізичні та біологічні

характеристики, що визначає його ключову роль у житті рослин. Невідповідність хімічного складу може проявлятися як у дефіциті макро- та мікроелементів, необхідних для повноцінного росту та розвитку рослин, так і в надлишку токсичних сполук, які призводять до засолення, осолонцювання або інших негативних змін у ґрунті [3].

Оптимальний ріст і розвиток рослин безпосередньо залежать від створення сприятливого агрохімічного середовища, що включає збалансоване живлення, водний, повітряний і тепловий режими. Ключовим фактором є забезпечення необхідної реакції середовища та оптимальної концентрації ґрунтового розчину, що в сукупності визначає родючість ґрунту. Важливу роль у підтримці цього балансу відіграє вміст гумусу, макро- та мікроелементів, які є життєво необхідними для забезпечення повноцінного росту і розвитку рослин [3, 10].

Ґрунт дослідної ділянки має середній рівень родючості. Вміст гумусу й основних елементів живлення забезпечує нормальні умови для росту сільськогосподарських культур, зокрема зернобобових і зернових. Слабокисла–нейтральна реакція ґрунтового розчину є сприятливою для більшості культур, не обмежує засвоєння елементів живлення. Для підвищення ефективності живлення рослин доцільним є внесення органо-мінеральних добрив або біопрепаратів, що покращують доступність фосфору й азоту [5, 6, 25].

Підсумовуючи, варто зазначити, що ґрунти досліджуваної ділянки характеризуються типовими рисами для південного регіону України. За основними агрохімічними показниками вони є придатними для забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських культур, зокрема й для вирощування ефіроолійних рослин, таких як гісоп лікарський.

2.2 Кліматична характеристика зони і погодних умов у роки досліджень

Ґрунтово-кліматичні умови є визначальним чинником, що суттєво впливає на увесь ланцюг виробництва сільськогосподарської продукції, від безпосереднього росту і розвитку культур до формування обсягів та якості врожаю, а, зрештою, і на задоволення потреб суспільства у харчових продуктах.

Характер ґрунту, включаючи його структуру, родючість, вологостійкість, дренажність та вміст поживних речовин, у поєднанні з кліматичними параметрами, такими як температурний режим, кількість опадів, сонячна радіація та тривалість вегетаційного періоду, створюють унікальні екологічні ніші для різних видів сільськогосподарських культур. Оптиміальне поєднання цих факторів забезпечує ефективне використання сонячної енергії рослинами, поглинання необхідних елементів живлення з ґрунту та формування здорової вегетативної маси, що, в свою чергу, трансформується у високу продуктивність. Відхилення від оптимальних значень ґрунтово-кліматичних характеристик, наприклад, посухи, затоплення, засолення ґрунтів або екстремальні температури, можуть призвести до значних втрат врожаю, зниження якості продукції та підвищення ризиків для продовольчої безпеки. Тому, врахування та адаптація до ґрунтово-кліматичних умов є критично важливими для сталого розвитку сільського господарства та забезпечення стабільного постачання якісної продукції для населення [3, 9, 10, 11].

Згідно з даними Українського Гідрометеоцентру, в зоні Степу спостерігається стійка тенденція до потепління клімату, яка чітко простежується ще з кінця 1980-х років. Зокрема, середньорічна температура повітря в цьому регіоні підвищилася на $0,3^{\circ}\text{C}$ впродовж періоду з 1991 по 2007 роки. Це свідчить про значний вплив глобальних кліматичних змін на агрокліматичні умови південних областей України [1].

В зоні проведення досліджень ґрунті та погодні умови відіграють визначальну роль у продуктивності сільськогосподарських культур, демонструючи значну мінливість різних років. З метою мінімізації негативного впливу погодних факторів, особливо в зоні ризикованого землеробства південного Степу України, та забезпечення стабільних врожаїв ефірної олії, необхідне своєчасне, ретельне та послідовне дотримання всіх етапів технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема гісопу лікарського. Це дозволить раціонально використовувати наявну вологу в ґрунті, оптимізуючи умови для росту та розвитку рослин.

Територія господарства розташована у третьому агрокліматичному районі, що належить до підзони Південного Степу України. Клімат характеризується як помірно-континентальний, теплий та посушливий, з нестійким сніговим покривом. Середньорічна температура повітря становить $+18^{\circ}\text{C}$, причому січень є найхолоднішим місяцем, а липень – найтеплішим (середньомісячна температура $+27,6^{\circ}\text{C}$). Період весняних заморозків триває з 27 квітня по 1 травня, а осінніх – з 15 вересня по 1 листопада. Тривалість безморозного періоду складає 215-217 днів.

Весна відрізняється швидким підвищенням температури повітря, що зумовлює її короткотривалість – близько 45 днів. В середньому, весняний період триває з 11-13 березня по 22-24 квітня.

Літо характеризується спекотною та посушливою погодою. Початок літнього періоду визначається стійким переходом середньодобової температури повітря через позначку $+15^{\circ}\text{C}$ у бік підвищення, що припадає в середньому на 7–13 травня. Завершення літа фіксується при переході температури через той самий показник, але в бік зниження, приблизно 15–22 вересня. Незважаючи на спеку, літні місяці відрізняються найбільшою кількістю опадів серед інших сезонів. Цей період також відзначається інтенсивною грозовою активністю, нерідко супроводжуваною сильними зливами, особливо після тривалих періодів посухи.

Осінь в регіоні часто характеризується короткою тривалістю, помірним теплом та посушливими умовами. Початком осіннього періоду вважається стабільний перехід середньодобової температури повітря та ґрунту через позначку $+10^{\circ}\text{C}$ у бік зниження, що зазвичай припадає на 11–12 жовтня. Завершення осені фіксується при стійкому переході середньодобової температури повітря через 0°C , що в середньому відбувається у третій декаді листопада. Південний Степ України відрізняється значною сухістю повітря та схильністю до суховіїв. Вітри тут спостерігаються різних напрямків, а в холодну пору року переважають вітри північно-західного напрямку. Особливу небезпеку суховії становлять в середині червня, інколи супроводжуючись сильними вітрами, що переростають у пилові бурі.

У вересні та жовтні опади переважно випадають у вигляді дощів. У листопаді для опадів характерний змішаний тип, зокрема дощ зі снігом.

Зима в даній місцевості характеризується переважно короткою тривалістю, частими відлигами та нестійким сніговим покривом. Опади в зимовий період випадають переважно у вигляді снігу, крупи, а під час відлиг – у формі дощу. Стійкий сніговий покрив формується лише в окремі роки. Хуртовини спостерігаються відносно рідко. Промерзання ґрунту зазвичай починається на початку грудня, а повне відтаювання відбувається наприкінці першої – на початку другої декади березня. Сніговий покрив сходить з полів на початку третьої декади лютого, знаменуючи початок переходу до весняного періоду.

Кліматичні умови, як за багаторічний період, так і в роки проведення досліджень, охарактеризовано на основі даних, наданих Миколаївським обласним центром з гідрометеорології та метеостанції ННПЦ МНАУ.

Миколаївський район Миколаївської області характеризується вкрай посушливим кліматом, де випаровування вологи вдвічі перевищує її надходження. Обмежена кількість опадів у поєднанні зі значним надходженням тепла створює високий ризик для землеробства та значні коливання врожайності. З метою мінімізації негативного впливу ґрунтової та повітряної посухи на продуктивність культур необхідно оптимізувати умови їх вирощування, максимально використовуючи сонячну енергію, генетичний потенціал сортів, родючість ґрунтів, добрива та інші агроресурси.

Основні метеорологічні показники у роки проведення досліджень демонструють певні відхилення від середньобагаторічних значень (додаток Б1-Б3) та представлено в таблиці 2.3.

2022 рік став періодом значної сезонної мінливості кліматичних умов, що суттєво вплинуло на онтогенез гісопу лікарського. Річний температурний режим відзначався вираженими амплітудами, від зимових субнульових значень до високих літніх показників. Зокрема, в зимові місяці, такі як січень та лютий, середні температури стабільно утримувалися нижче 0°C, а окремі епізоди

характеризувалися екстремальними мінімальними температурами, прикладом чого є -15.31°C , зафіксована 26 січня.

Таблиця 2.3

**Основні метеорологічні показники у роки проведення досліджень
порівняно з середньобогаторічними їх значеннями**

Строки визначення	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	За вегетаційний період
<i>Середньодобова температура повітря, °C</i>										
2022	1,5	9,6	15,2	21,7	23,4	24,3	15,7	10,7	5,3	14,2
2023	5,2	10,1	15,5	20,9	23,4	24,7	19,9	13,6	6,4	15,5
2024	2,9	11,6	12,9	22,8	27,2	24,3	19,8	11,8	2,9	15,1
Середньо-багаторічна	2,3	10,0	16,0	19,9	22,9	22,0	16,9	9,8	4,4	13,8
<i>Середня відносна вологість повітря, %</i>										
2022	79,0	77,0	64,0	63,0	55,0	68,0	79,0	75,0	94,0	73,0
2023	85,0	89,0	68,0	46,0	67,0	65,0	56,0	75,0	95,0	72,0
2024	94,0	83,0	73,0	75,0	49,0	57,0	64,0	89,0	90,0	75,0
Середньо-багаторічна	78,0	68,0	64,0	64,0	60,0	60,0	65,0	75,0	85,0	68,8
<i>Кількість опадів, мм</i>										
2022	8,4	42,3	30,4	24,8	4,4	43,2	85,0	15,2	40,2	265,8
2023	32,4	95,6	70,5	19,2	72,6	36,2	2,6	10,2	116,8	456,1
2024	38,2	47,4	26,8	82,8	4,6	23,0	62,0	62,4	31,1	378,3
Середньо-багаторічна	26,0	33,0	42,0	45,0	50,0	45,0	30,0	28,0	36,0	335,0

Весняний період 2022 року був ознаменований поступовим підвищенням температурних показників, проте в березні все ще спостерігалися короткочасні періоди з негативними температурами, зокрема -3.63°C 12 березня. Літня пора року, особливо місяці липень та серпень, відзначалася найвищими

температурами, з середніми показниками, що часто перевищували $+25^{\circ}\text{C}$, а максимальні значення іноді сягали $+37^{\circ}\text{C}$, наприклад, 37.86°C 6 липня. Осінній період характеризувався поступовим та неухильним зниженням температури. Розподіл атмосферних опадів впродовж року демонстрував значну нерівномірність. Пікові значення кількості опадів припадали на окремі дні, як, наприклад, у вересні (25.42 мм 12 вересня). В інші часові проміжки кількість опадів була значно меншою, а в деякі дні їх випадання взагалі не спостерігалось. Вологість повітря, в цілому, залишалася на високому рівні впродовж усього року, особливо в холодну пору року, коли відносна вологість часто перевищувала 90%.

Метеорологічні умови 2022 року мали неоднозначний вплив на різні фази розвитку гісопу лікарського. Коливання температури на початку березня могли затримати початок вегетації, проте подальше потепління наприкінці березня та на початку квітня створило сприятливі умови для відновлення росту, хоча недостатня кількість опадів у цей період могла призвести до дефіциту вологи. Період активного росту гісопу, який припадає на травень-червень, характеризувався підвищеними температурами, що сприяло збільшенню вегетативної маси, але низька кількість опадів створила дефіцит вологи, впливаючи на загальний врожай зеленої маси, водночас, вміст ефірної олії у відсотках до сухої маси рослини за таких умов був вищим за середній. Період відновлення після укусу, який потребує достатньої кількості опадів та помірних температур, у 2022 році відзначався високими температурами та недостатньою кількістю опадів, що ускладнило відростання рослин. Критичний період з другої-третьої декади липня до першої декади серпня у 2022 році характеризувався дуже високими температурами в липні та серпні, з невеликою кількістю опадів, що призвело до значного дефіциту вологи. Підготовка до зими рослин гісопу лікарського вимагає достатнього рівня вологи для накопичення резервних речовин та відсутності ранніх сильних заморозків, і пройшла відносно сприятливо, оскільки зниження температури у вересні та жовтні сприяло припиненню росту та підготовці до зими, опади у вересні забезпечили необхідну

вологу, а ранніх заморозків не спостерігалось. Загалом, кліматичні умови 2022 року створили певні виклики для вирощування гісопу лікарського, особливо в періоди активного росту, через високі температури та недостатню кількість опадів, проте сприятливі умови в інші періоди змогли частково компенсувати ці негативні впливи.

У 2023 році метеорологічні умови на дослідній ділянці відзначалися значною динамікою, що, безперечно, вплинуло на розвиток гісопу лікарського. Річні температури демонстрували чітку сезонну амплітуду, з чергуванням періодів з мінусовими та плюсовими значеннями температури повітря, що відображає типові сезонні зміни клімату (рис. 2.1).

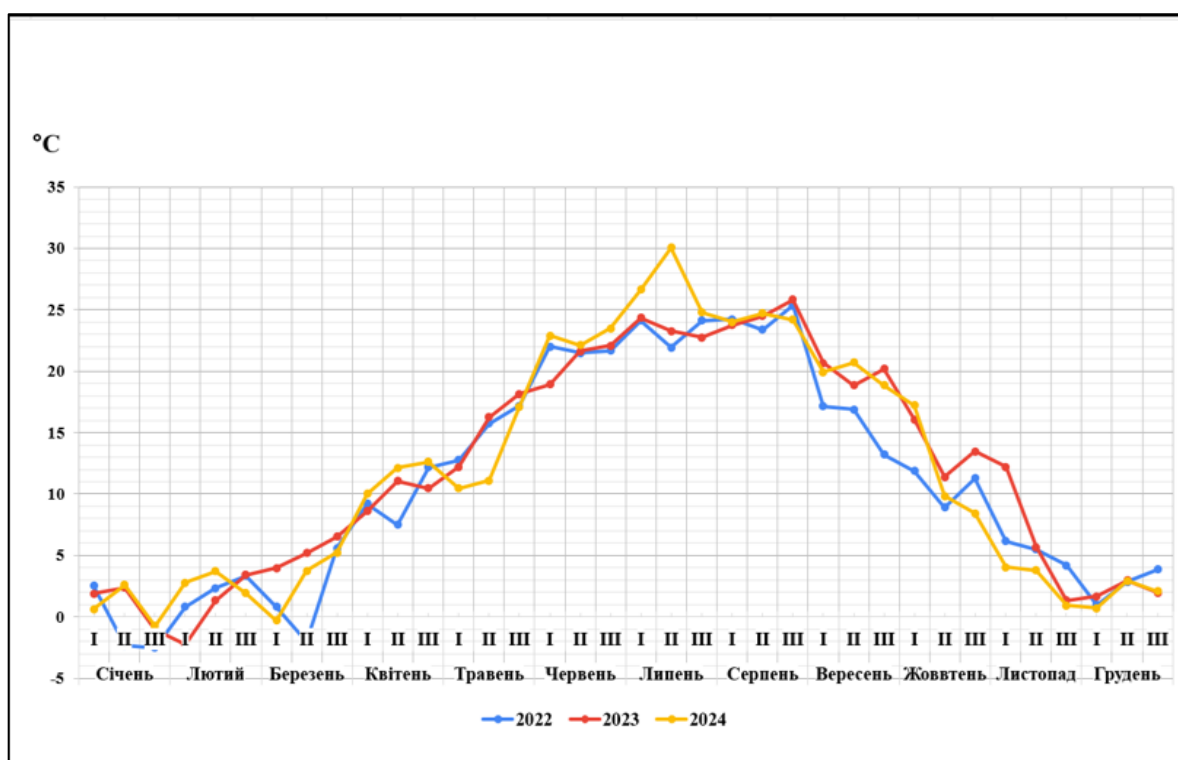


Рис. 2.1. Динаміка середньої температури повітря по декадах за роки проведення досліджень, °C (за даними метеостанції ННПЦ МНАУ).

Разом з тим, було зафіксовано значну варіативність у розподілі атмосферних опадів впродовж календарного року, що, ймовірно, вплинуло на потреби гісопу у водних ресурсах та його фізіологічні процеси.

Температурний режим характеризувався значними внутрішньорічними коливаннями. Зокрема, зимовий період, особливо січень, відзначився

періодичним зниженням середньодобових температур до від'ємних значень (наприклад, -4.48°C 11 січня), однак траплялися і короточасні підвищення температури вище нульової позначки. Весняні місяці характеризувалися поступовим підвищенням термічних показників, хоча температурна нестабільність залишалася відчутною. Літній період відзначився стабільно підвищеними температурами повітря, що відповідає кліматичним нормам для даного регіону. Осінні температури характеризувалися їх поступовим і неухильним зниженням, що є природною підготовкою рослин до зимового періоду. Річний розподіл атмосферних опадів був вкрай нерівномірним: окремі періоди характеризувалися інтенсивними опадами, тоді як в інші спостерігався їх відчутний дефіцит. Наприклад, у грудні зафіксовано дні з рясними опадами (12.8 мм 9 грудня). Вологість повітря також демонструвала мінливість, проте загалом зберігала високі показники впродовж більшої частини року.

Аналіз вегетаційного періоду гісопу у 2023 році виявляє кілька ключових етапів, що визначають його продуктивність. Початок вегетації, який припадає на кінець березня – початок квітня, характеризувався середньою температурою $7,4^{\circ}\text{C}$, з періодичними зниженнями до $-4,8^{\circ}\text{C}$, що уповільнювало початковий ріст, але достатня вологість (88% та 42,8 мм опадів) забезпечила рослини необхідною вологою. Період активного росту до першого укусу (травень-червень) був найбільш сприятливим, з середньою температурою $18,6^{\circ}\text{C}$, вологістю 69% та 69,6 мм опадів, це сприяло інтенсивному нарощуванню вегетативної маси. Відростання після першого укусу (кінець червня – початок липня) відбувалося в умовах високих температур ($23,2^{\circ}\text{C}$, макс. $38,1^{\circ}\text{C}$) та дефіциту опадів (7,6 мм), яке призвело до водного стресу та стримування росту. Проте, під час активного росту до другого укусу (липень-серпень) умови дещо покращилися завдяки збільшенню опадів до 50 мм та вологості до 74,6%, що сприяло відновленню росту. На завершальному етапі підготовки до зими (вересень-жовтень) зниження температури до $16,8^{\circ}\text{C}$ та критично низька кількість опадів (1,8 мм) негативно вплинули на накопичення резервних речовин та зимостійкість рослин.

У 2023 році погодні умови в Миколаївській області були переважно сприятливими для вирощування гісопу лікарського, особливо під час активного росту. Проте, дефіцит вологи залишався критичним фактором у фазі відростання після першого укусу та підготовки до зими.

2024 рік відзначився специфічними метеорологічними умовами, що мали безпосередній вплив на ріст і розвиток гісопу лікарського. Загальна характеристика року включає динамічні зміни температурного режиму та варіативний розподіл опадів, що вимагало від рослини адаптації до мінливих умов довкілля. Температурний режим впродовж року характеризувався значними коливаннями: зимові місяці відзначалися періодами з від'ємними температурами, зокрема, зафіксовано $-1,9^{\circ}\text{C}$ 4 грудня, проте траплялися і дні з потеплінням до $7,9^{\circ}\text{C}$ 21 грудня. Весняний період супроводжувався поступовим зростанням температурних показників, створюючи сприятливі умови для вегетації. Літні місяці характеризувалися більш високими температурами, які сприяли активному росту та розвитку рослини, тоді як осінній період відзначився поступовим зниженням температури, що вплинуло на завершення вегетаційного циклу. Розподіл опадів впродовж 2024 року був нерівномірним, з періодами інтенсивних дощів, наприклад, 118 мм 24 жовтня, що чергувалися з періодами посухи. Змінна вологість повітря також впливала на фізіологічні процеси гісопу лікарського, вимагаючи від рослини ефективної регуляції водного балансу.

Кліматичні умови 2024 року характеризувалися рядом особливостей, що вплинули на розвиток багаторічних рослин. Початок вегетації припав на період з 20 березня по 10 квітня, коли середня температура досягла $7,3^{\circ}\text{C}$, що відповідає фізіологічному порогу пробудження. Незважаючи на можливі короткочасні стресові умови, спричинені коливанням температури від $-1,5^{\circ}\text{C}$ до $23,4^{\circ}\text{C}$, висока вологість (89,6%) та достатня кількість опадів (13,4 мм) забезпечили необхідне зволоження ґрунту для початку ростових процесів. Однак, в період активного росту до першого укусу (20 травня – 10 червня) спостерігався помірний дефіцит вологи, з сумою опадів лише 8,8 мм при середній вологості 66,9%, що сповільнило ріст вегетативної маси. Відростання після першого укусу

(21 червня – 10 липня) відбувалося за вкрай недостатнього водозабезпечення через повну відсутність опадів та високу середню температуру (25,1 °C), яке обмежило регенерацію рослин. Ріст до другого укосу (21 липня – 10 серпня) також проходив у близьких до критичних умовах – висока температура (24,4 °C) та нестача вологи (7,4 мм опадів) суттєво вплинули на продуктивність. На противагу цьому, погодні умови в період підготовки до зими (21 вересня – 10 жовтня) були сприятливими: достатнє зволоження (15 мм опадів, 75,8% вологість) та помірна температура (18,0 °C) сприяли нагромадженню резервних речовин та успішній диференціації бруньок. Загалом, кліматичні умови 2024 року були теплішими, ніж у 2023-му, проте супроводжувалися недостатнім рівнем опадів у важливі фази активного росту (рис. 2.2).

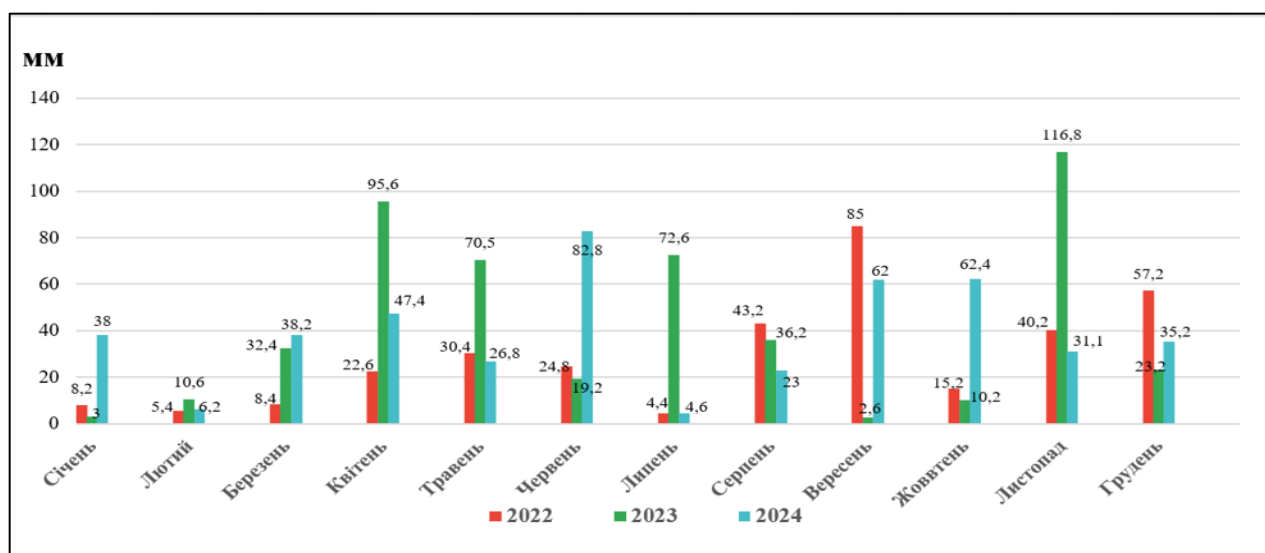


Рис. 2.2 Динаміка опадів за роки проведення досліджень, мм (за даними метеостанції ННПЦ МНАУ).

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) — один із ключових показників, що характеризує співвідношення вологи та температури у певному періоді, критичному для розвитку рослин. Гісоп лікарський демонструє високу посухостійкість, оптимально ростучи в умовах від посушливих до помірно зволжених. Для забезпечення стабільного росту, накопичення ефірних олій та нарощування біомаси, важливо враховувати гідротермічний коефіцієнт (ГТК) на різних фазах розвитку [22]. Зокрема, для проростання і сходів (квітень) оптимальним для гісопу, як ксерофітної культури є ГТК 0,3–0,5, що забезпечує

рівномірні сходи. В період активного росту (травень–червень) показник ГТК має бути в межах 0,2–0,4, а під час бутонізації та цвітіння (липень) – 0,2–0,3, уникаючи надмірної вологи, яка може негативно вплинути на вміст ефірних олій. В період дозрівання (серпень–вересень) легкий дефіцит вологи (ГТК 0,2–0,25) сприяє накопиченню біоактивних речовин, а завершення вегетації відбувається при ГТК < 0,2, коли рослина добре переносить посушливі умови. [17, 24].

На діаграмі відображено динаміку гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за період 2022–2024 років (рис. 2.3). Найвищі показники ГТК у квітні зафіксовано у 2023 році (~0,45), що позитивно вплинуло на зволоження ґрунту на початку росту гісопу. Впродовж травня-липня спостерігається дефіцит вологи (ГТК < 0,2) у всі роки, це негативно позначалося на біомасі та рості рослини. Серпень 2022 року вирізняється аномально високим значенням ГТК (~0,58), у цей період спостерігалось відновлення рослин після періоду посухи та покращення формування пагонів. У вересні-жовтні ГТК знаходиться в межах 0,2–0,3, що вважається помірно сприятливим для завершення вегетації та формування ефірних олій. Низькі значення ГТК у листопаді-грудні суттєво не впливають на гісоп, оскільки вегетаційний період до цього часу вже завершується [1].

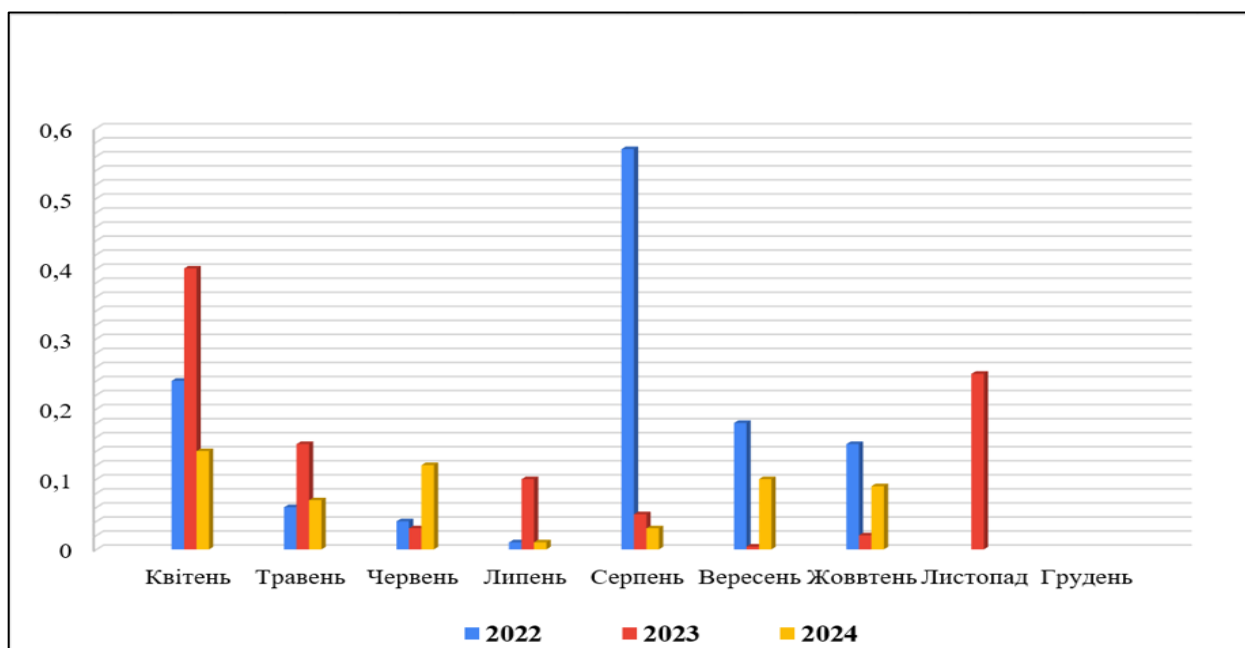


Рис. 2.3. Показники гідротермічного коефіцієнту у роки досліджень, (за даними метеостанції ННПЦ МНАУ).

Низький гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у червні–липні вказує на ризик виникнення посушливих умов, які негативно позначилися на рості вегетативної маси. Водночас, високий ГТК у квітні та серпні забезпечив сприятливі умови для стартового розвитку рослин та їх відновленню після стресових ситуацій, особливо у 2023 та 2022 роках. Сприятливі показники ГТК у вересні–жовтні забезпечили належне дозрівання біологічно активних речовин у надземній масі гісопу лікарського. Проте, 2024 рік відзначився посушливими умовами саме в критичні фази розвитку цієї лікарської рослини, особливо в період з травня по серпень. Це, в свою чергу, негативно вплинуло на формування біомаси, темпи росту та накопичення ефірних олій. Як наслідок, зниження врожайності та погіршення якості лікарської сировини порівняно з показниками 2022 та 2023 років.

2.3 Матеріали і методика досліджень

З метою визначення впливу регуляторів росту на коренетворення живців гісопу лікарського сорту Національний впродовж 2022-2024 рр. у розсаднику Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету проведено окремий дослід, у якому живці різної довжини (10, 15 та 20 см) перед висаджуванням обробляли розчинами препаратів Чаркор та Хелпрост БТУ з різною експозицією (6 та 12 годин) за схемою (табл. 2.4).

Регулятор росту Чаркор (виробник ДП МНТЦ Агробіотех, Україна) – високоефективний стимулятор коренетворення природного походження – продукт біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів, виділених із кореневої системи женьшеню та синтетичних аналогів фітогормонів. Хімічний склад: комплекс біологічно активних сполук, продукти життєдіяльності грибів-мікроміцетів - 1 г/л (насичені та ненасичені жирні кислоти (C14-C28), полісахариди, 15 амінокислот, аналоги фітогормонів цитокінінб та адисин2-аксінов2-окси-дин-2-дикс-2-адино-2-адино-2. з альфа-нафтілоцтової кислотою – 8,3 г/л.

Схема досліду 1.

Довжина живців, см (фактор А)	Препарат та тривалість експозиції (фактор В)
10	Вода (замочування 6 годин) контроль
	Чаркор (замочування 6 годин)
	Чаркор (замочування 12 години)
	Хелпрост БТУ (замочування 6 годин)
	Хелпрост БТУ (замочування 12 години)
15	Вода (замочування 6 годин) контроль
	Чаркор (замочування 6 годин)
	Чаркор (замочування 12 години)
	Хелпрост БТУ (замочування 6 годин)
	Хелпрост БТУ (замочування 12 години)
20	Вода (замочування 6 годин) контроль
	Чаркор (замочування 6 годин)
	Чаркор (замочування 12 години)
	Хелпрост БТУ (замочування 6 годин)
	Хелпрост БТУ (замочування 12 години)

Препарат рекомендований використовувати для прискорення процесів коренетворення у зелених та здерев'янилих живців, а також укорінення та розвитку кореневої системи саджанців плодових, декоративних дерев, чагарників, квітів, лікарських рослин. Прискорює поділ клітин, ризогенез, розвиток симбіотичної мікрофлори в кореневій системі, посилює

фотосинтетичну активність та розвиток листової поверхні [30].

ХЕЛПРОСТ® Укорінювач, КС (виробник BTU Biotech company, Україна) – прискорює утворення коренів, стимулює коренегенез. Склад, г/л: макро-, мікроелементи: К – 17,0; Р - 6,5; Мп – 0,4; S - 0,35; Zn – 0,15; Cu – 0,15; В – 0,15; органічні кислоти - 25,0; амінокислоти - 6,0; комплекс мікроорганізмів [19].

Польовий дослід було проведено впродовж 2022-2024 років на дослідному полі ННПЦ МНАУ з метою вивчення впливу різних фонів живлення на продуктивність та якість сортів гісопу лікарського. Результати досліджень дозволять оптимізувати технології вирощування цієї цінної лікарської культури.

Закладання та проведення дослідів, відбір ґрунтових і рослинних зразків, а також їх підготовка до аналізу здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик дослідної справи, методичних вказівок та вимог ДСТУ [13, 14, 16, 19, 20, 27].

Таблиця 2.5

Схема досліду 2

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)
Маркіз	Контроль (без внесення)
	Граундфікс® (5 л/га)
	Biochar Aktive (100 кг/га)
	Biochar Aktive + Граундфікс® (100 кг/га + 5 л/га)
Національний	Контроль (без внесення)
	Граундфікс® (5 л/га)
	Biochar Aktive (100 кг/га)
	Biochar Aktive + Граундфікс® (100 кг/га + 5 л/га)
Водограй	Контроль (без внесення)
	Граундфікс® (5 л/га)
	Biochar Aktive (100 кг/га)
	Biochar Aktive + Граундфікс® (100 кг/га + 5 л/га)

Об'єктами дослідження були сорти гісопу лікарського: Маркіз, Національний та Водограй, а також біологічно активні препарати Biochar Aktive (100 кг/га) та Граундфікс® (5 л/га), з комбінованим застосуванням Biochar Aktive + Граундфікс® (100 кг/га + 5 л/га). Внесення зазначених препаратів проводили у перший рік при висадці саджанців з подальшим прикореневим живленням згідно зі схемою досліду (табл. 2.5).

Фенологічні спостереження, які включали фази росту та розвитку 25 модельних рослин, здійснювались відповідно до вимог експертизи сортів рослин, визначених діючими нормативними документами [15]. Експерименти проводили з дотриманням однакових агротехнічних вимог, окрім факторів, що взято до вивчення.

Дослідження проведено методом розщеплених ділянок [19] у чотириразовій повторності. Розмір дослідної ділянки другого порядку становив 100 м², облікової – 75,6 м². Вирощування гісопу лікарського здійснювали розсадним способом за схемою посадки 70x150 см.

На початку вегетаційного періоду гісопу лікарського спостерігали успішне укорінення 90% висадженої розсади.

Фенологічні спостереження за гісопом лікарським проводили систематично і впродовж усього вегетаційного періоду з метою точного визначення ключових етапів розвитку рослин. Моніторинг розпочинався за тиждень до очікуваного початку вегетації, що дозволяло фіксувати перші, ледь помітні ознаки пробудження рослин після зимового спокою, і завершувався із настанням фізіологічного спокою, визначеного припиненням активного росту. В рамках дослідження фіксували такі фенологічні фази: початок весняного відростання, що визначався появою молодих пагонів на 10% облікових рослин; повне весняне відростання, що характеризувалося інтенсивним розвитком вегетативної маси; фази бутонізації та появи квітконосів, важливі для прогнозування потенційного врожаю ефірної олії; розсування кільчаток та фаза забарвленого бутону, що сигналізували про наближення періоду цвітіння; початок цвітіння (розкриття 10% квіток); пік цвітіння (розкриття 75% квіток), критично важливий для збору

якісної сировини; кінець цвітіння (відцвітання 90% квіток) та завершення вегетації (всихання пагонів у 75% облікових рослин, або з настанням стійких морозів, які остаточно припиняли вегетаційні процеси). Комплексний підхід до фенологічних спостережень дозволив отримати детальну інформацію про адаптивні властивості гісопу лікарського та визначити оптимальні терміни проведення агротехнічних заходів.

Коефіцієнт укорінення саджанців та показник виживання рослин у зимовий період визначали візуальним методом. Проводили підрахунок рослин, які успішно прижилися та тих, що загинули впродовж досліджуваного періоду. Отримані дані були використані для розрахунку відсоткового співвідношення приживлених та загиблених рослин, що дозволило оцінити ефективність укорінення та виживання в заданих умовах.

Спостереження за сезонним циклом онтогенезу гісопу лікарського здійснювали на десяти модельних рослинах у кожному дослідному варіанті. Впродовж весняного та повторного періодів відростання, а також у фазу масового цвітіння рослин першого, другого та третього років вегетації, проводили біометричні виміри, які включали визначення висоти рослин та кількості пагонів першого та другого порядку, що дозволило оцінити динаміку росту та розвитку гісопу лікарського залежно від фази вегетації та року культивування [13, 15].

Гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) є показником, що відображає співвідношення між теплозабезпеченістю та зволоженістю території. Він обчислюється як відношення суми опадів (ΣR) у міліметрах за період з температурами понад 10°C до суми активних температур ($\Sigma t > 10$) за той самий період, зменшеної вдесятеро (формула 2.1):

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma R}{0,1 \Sigma t > 10^{\circ}\text{C}}, \quad (2.1)$$

де: ГТК - гідротермічний коефіцієнт Селянінова,

ΣR - сума опадів, мм

$\Sigma t > 10$ - сума активних температур понад 10°C .

Для характеристики років дослідження використовували шкала гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Згідно з цією шкалою, значення ГТК < 0,4 вказує на дуже сильну посуху, 0,4-0,5 – на сильну посуху, 0,6-0,7 – на середню посуху, 0,8-0,9 – на слабку посуху, 1,0-1,5 – на достатньо вологий рік, а ГТК > 1,5 – на надмірно вологий рік [15, 17].

Згідно з ДСТУ ISO 11465:2001, вологість ґрунту визначалася термостатно-ваговим методом у шарі 0-100 см з інтервалом у 10 см. Відбір зразків здійснювався у три ключові фази розвитку рослин: перед сівбою, у фазу цвітіння та у період повної стиглості. Зразки ґрунту масою 40-70 г, відібрані в польових умовах, розміщувалися у попередньо зважені металеві бюкси та зважувалися в лабораторних умовах на електронних вагах ВЛТК-500 з точністю до 0,01 г. Подальше висушування проводилося в сушильній шафі протягом 7-8 годин при температурі 105°C. Розрахунок вологості ґрунту здійснювався за формулою 2.2.:

$$B = \frac{100 (B_1 - B_2)}{B_2 - B_0}, \quad (2.2)$$

де: B – вологість ґрунту в % від маси її в абсолютно сухому стані;

B_0 – маса бюкса, г;

B_1 – маса бюкса з ґрунтом до висушування, г;

B_2 – маса бюкса з ґрунтом після висушування, г;

Розрахунок запасів продуктивної вологи в ґрунті, сумарного водоспоживання та коефіцієнта водоспоживання сортів гісопу лікарського здійснювався на основі систематичних вимірювань вологості та щільності ґрунту. Використовуючи отримані дані, а також враховуючи показники вологості в'янення та вологості уповільнення росту, було проведено обчислення загального та продуктивного запасу вологи в ґрунті. Визначення загального запасу вологи на площі 1 га проводилось згідно з формулою 2.3, що забезпечувало кількісну оцінку доступної для рослин вологи:

$$P = 100 \times H \times B \times A, \quad (2.3)$$

де: P – загальний запас води, $\text{м}^3/\text{га}$;

B – вологість розрахункового шару ґрунту в % від його маси в сухому стані;

H – глибина розрахункового шару ґрунту, м;

A – щільність будови ґрунту, $\text{т}/\text{м}^3$.

Перерахунок запасів вологи з $\text{м}^3/\text{га}$ у $\text{мм}/\text{га}$, проводили у співвідношенні $10 \text{ м}^3/\text{га} = 1 \text{ мм}/\text{га}$.

Сумарне водоспоживання ΣW ($\text{мм}/\text{га}$, $\text{м}^3/\text{га}$) визначали за формулою 2.4 [15, 17]:

$$\Sigma W = W_0 - W_k + \Sigma O, \quad (2.4)$$

де: W_0 – запаси продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту перед сівбою культури ($\text{мм}/\text{га}$, $\text{м}^3/\text{га}$);

W_k – запаси продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту в кінці вегетації культури ($\text{мм}/\text{га}$, $\text{м}^3/\text{га}$);

ΣO – сума опадів за період вегетації культури, мм.

Коефіцієнт водоспоживання, який відображає витрати води, необхідні для формування однієї тонни врожаю ($\text{м}^3/\text{т}$), розраховувався на основі даних сумарного водоспоживання та показників урожайності різних сортів гісопу лікарського в межах експериментальних варіантів. Для визначення коефіцієнта водоспоживання K_v ($\text{м}^3/\text{т}$) застосовували формула 2.5 [17]:

$$K_v = \Sigma W : Y, \quad (2.5)$$

де: ΣW – сумарне водоспоживання ($\text{мм}/\text{га}$, $\text{м}^3/\text{га}$);

Y – урожайність ($\text{т}/\text{га}$).

Визначення нітратного та амонійного азоту здійснювали за модифікованою методикою ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, нітрифікаційна здатність ґрунту – за методом Кравкова. Вміст рухомих форм фосфору та калію визначали за модифікованим методом Мачигіна [5, 6, 16, 18].

Розрахункову дозу мінеральних добрив на запланований урожай зеленої маси визначали за результатами агрохімічного аналізу ґрунту [25, 26].

Визначення об'єму коренів живців проводили методом витіснення води шляхом занурення живців з кореневою системою у мірний циліндр із водою і

вимірювали зміну об'єму води та розраховували за формулою:

$$V_{\text{коренів}} = V_2 - V_1, \quad (2.6)$$

де: $V_{\text{коренів}}$ - об'єм коренів, мл;

V_2 – кінцевий об'єм води після занурення коренів, мл;

V_1 – початковий об'єм води в циліндрі, мл.

Вимірювання хлорофілу в листках гісопу лікарського проводили за допомогою польового хлорофіломіру SPAD-502 (Konica Minolta, Японія) [32, 36]. Прилад використовували для швидкого визначення сумарного вмісту хлорофілу в листках. Робота хлорофіломіра побудована на визначенні вмісту хлорофілу в інтактному листку через пропускання світла (поглинання червоного світла при 650 нм та інфрачервоного світла при 940 нм). Обчислення даних приладом ґрунтується на вимірюванні кількості світла, що проходить через листок у двох діапазонах довжини хвилі, при яких хлорофіл має різне поглинання. Дослідження свідчать, що існує залежність показників приладу вмісту хлорофілів у листках рослин до фізіологічних процесів, таких як інтенсивність фотосинтезу, транспірація та продихова провідність [32, 36].

Результати вимірювань виводяться на екран хлорофіломіра в умовних одиницях SPAD, які пропорційні вмісту хлорофілу у листку (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Польовий хлорофіломір SPAD-502 (Konica Minolta, Японія).

Для переведення цих значень в абсолютні одиниці концентрації хлорофілу, зазвичай, використовують калібрувальні криві або рівняння калібрування, які можуть переводити SPAD значення у вміст загального хлорофілу на одиницю площі листка: (нмоль/см², R=0,9960), або на одиниці сирої ваги тканини листка: (нмоль/мг, R=0,9809). Перетворені значення SPAD відрізняються від фотометричних вимірювань хлорофілу, екстрагованого полярними розчинниками, на 6% в середньому.

Виділення ефірної олії зі свіжої подрібненої зеленої маси гісопу лікарського здійснювали методом гідродистиляції за Гінзбергом у перерахунку на абсолютно суху масу рослинної сировини. Компонентний склад ЕО визначали на хроматографі Agilent Technology 6890 N із мас-спектрометричним детектором 5973 N [35].

Статистичний аналіз результатів дослідження проведено за допомогою варіаційного, дисперсійного, кореляційного методів із використанням програмно-інформаційного комплексу «Agrostat new».

Під час розрахунку економічної ефективності технології вирощування гісопу лікарського використовували технологічну карту, розроблену на основі методичних рекомендацій та нормативних документів [2, 7, 8, 21, 26, 27].

2.4 Характеристика досліджуваних сортів гісопу лікарського та біологічно активних препаратів

Вибір сорту гісопу лікарського є надзвичайно важливим етапом при закладанні виробничих насаджень, оскільки саме сортові особливості визначають врожайність, якість сировини та адаптивність рослин до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Правильно підібраний сорт забезпечить стабільний вихід ефірної олії, флавоноїдів та інших цінних біологічно активних речовин, що, в свою чергу, впливає на економічну ефективність вирощування гісопу лікарського. Слід враховувати стійкість сорту до хвороб та шкідників, його зимостійкість та посухостійкість, а також тривалість вегетаційного періоду, щоб

оптимально використовувати ресурси та мінімізувати ризики втрат врожаю. Крім того, важливо звертати увагу на морфологічні характеристики сорту, такі як висота рослин, облистяність та кількість суцвіть, оскільки вони впливають на зручність збирання та переробки сировини. Вибір сорту має базуватися на ретельному аналізі наукових даних, результатів сортовипробувань та досвіду інших виробників, а також на врахуванні специфічних вимог ринку до якості рослинної сировини гісопу лікарського.

Для вивчення сортового різноманіття гісопу лікарського було відібрано сорти, представлені провідними вітчизняними селекційними центрами. Цей підхід дозволить оцінити адаптивність та продуктивність українських сортів гісопу в різних агрокліматичних умовах, а також виявити найбільш перспективні з них для подальшого використання у фармацевтичній, харчовій та парфумерній промисловості.

Характеристика сортів, що взяті на вивчення:

Сорт Маркіз (Markiz) створений селекціонерами Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка Національної академії наук України (м. Київ). Включений до Державного реєстру сортів рослин України у 2003 році [4].

Рослини багаторічні, напівкущового типу, заввишки 55–70 см, з добре розвиненою кореневою системою. Стебла прямостоячі, численні, у нижній частині здерев'янілі. Листки лінійно-ланцетні, темно-зелені, ароматні. Суцвіття колосоподібні, середньої довжини; квітки синьо-фіолетові, рідше блакитні. Цвітіння рясне, триває 35–45 днів.

Сорт належить до середньостиглої групи, характеризується дружним відростанням навесні та рівномірним досяганням суцвіть. Відзначається стабільною продуктивністю зеленої маси — 10–12 т/га та виходом ефірної олії 0,45–0,55 % від сирової маси. Має високий вміст основних компонентів ефірної олії — 1,8-цинеолу, піненів, камфену, гісопіну. Добре пристосований до умов Лісостепової зони України, проявляє стійкість до вилягання, посухи та ураження грибними хворобами. Реакція на удобрення позитивна, особливо при внесенні органо-мінеральних добрив.

Харчовий та ароматичний — придатний для виробництва пряно-смакової сировини, харчових добавок, чаю, а також для ефіроолійної та фармацевтичної промисловості [4].

Сорт Національний (*Natsionalnyi*) створено в Дослідній станції лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (м. Березоточа, Полтавська обл.). Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2017 році [4].

Рослини багаторічні, напівкущового типу, заввишки близько 60 см, із добре розвиненою кореневою системою та міцними прямостоячими стеблами. Період вегетації триває 160 діб, від відростання до початку цвітіння — 89 діб. Рослини формують густий облистнений пагін із колосоподібними суцвіттями.

Збір сухої речовини становить 5,21 т/га, урожайність насіння — 0,47 т/га. Вміст ефірної олії в абсолютно сухій масі сягає 1,34 %, що перевищує середні показники культури. Ефірна олія характеризується високим вмістом 1,8-цинеолу, піненів і камфену, що зумовлює цінність сорту для фармацевтичної та парфумерно-косметичної промисловості. Сорт відзначається високою зимостійкістю та посухостійкістю (9 балів), а також стійкістю до корневих гнилей (9 балів) і борошнистої роси (7 балів). Продуктивне довголіття насаджень становить до 6 років, що забезпечує стабільну врожайність без необхідності частого оновлення плантацій.

Рекомендований до вирощування у зоні Степу і Лісостепу України. Рослини добре адаптовані до континентального клімату, характеризуються високою регенераційною здатністю після зрізування зеленої маси.

Рослини є цінним джерелом ефірної олії, біологічно активних речовин і нектару для бджіл (висока медопродуктивність) [4].

Сорт Водограй (*Vodohrai*) створено в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка Національної академії наук України (м. Київ). Внесений до Державного реєстру сортів рослин України у 2010 році [4].

На стадії сходів антоціанове забарвлення відсутнє. Рослина середньої висоти, за габітусом — напіврозлога, з великим діаметром куща. Кількість стебел

— середня, залистяність — сильна, стебло середньої товщини, добре облиственене, із середньою кількістю гілочок першого порядку. Листки напіввертикальні, слабо опушені, зелені, середні за довжиною та шириною, з помірною глянсуватістю та слабкою пухирчастістю поверхні.

Цвітіння настає пізно, триває в середньому 35–40 днів. Кількість квіток у несправжній кільчатці — середня; квітка — середньої довжини. Суцвіття довгі, нещільні, з білими язичковими квітками. Час повної стиглості насіння — пізній.

Маса 1000 насінин — середня; насінини середні за довжиною та шириною. Сорт характеризується високим вмістом ефірної олії у сирій масі, з високим вмістом пінокамфору та середнім вмістом ізопінокамфору, що визначає виражені ароматичні властивості ефірної олії.

Рекомендований до вирощування у Лісостеповій та Поліській зонах України. Рослини добре переносять кліматичні коливання, зокрема короткочасну посуху та весняні приморозки.

Сорт призначений для отримання високоякісної ефірної олії, придатної до використання у парфумерно-косметичній, харчовій та фармацевтичній промисловості [4].

Використання біологічно активних препаратів є перспективним напрямком для підвищення продуктивності рослин в умовах природного зволоження на Півдні України. Ці препарати, зокрема біостимулятори та мікробні інокулянти, сприяють поліпшенню росту та розвитку рослин, підвищенню їх стійкості до стресових факторів довкілля, таких як посуха та хвороби, а також оптимізують засвоєння поживних речовин з ґрунту. Впровадження біологічно активних препаратів перспективний інструмент для забезпечення сталого землеробства та підвищення врожайності сільськогосподарських культур у регіоні [11, 34].

Характеристика препарату "ГРАУНДФІКС® фосфор-калій мобілізатор" (Біотехнологічна компанія VTU, Україна)

"ГРАУНДФІКС® фосфор-калій мобілізатор" є біологічним добривом, розробленим для оптимізації поживного режиму ґрунтів шляхом активації

природних мікробіологічних процесів [31]. Його дія спрямована на підвищення доступності ключових макроелементів, таких як фосфор та калій, а також на фіксацію атмосферного азоту, що сприяє зменшенню залежності сільськогосподарських культур від синтетичних мінеральних добрив (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Граундфікс® класичний

Склад та механізм дії:

Основою препарату є комплекс живих мікроорганізмів, ретельно відібраних за їхніми фізіологічними функціями та синергічною взаємодією. До складу входять штами бактерій, зокрема:

- *Bacillus velezensis* (синонім *Bacillus subtilis*),
- *Bacillus subtilis*,
- *Priestia megaterium* (синонім *Bacillus megaterium var. phosphaticum*),
- *Agrobacterium pusense* (синонім *Azotobacter chroococcum*),
- *Agrobacterium salinitolerans* (синонім *Enterobacter*),
- *Paenibacillus polymyxa*.

Ці мікроорганізми функціонують у ґрунтовій екосистемі, виконуючи наступні ключові процеси:

1. Деякі штами бактерій, зокрема *Priestia megaterium*, продукують органічні кислоти та ферменти (наприклад, фосфатази), які розчиняють нерозчинні

форми фосфатів та калієвих сполук у ґрунті. Це перетворює важкодоступні форми поживних речовин у доступні для рослин іони, підвищуючи їх засвоєння.

2. Азотфіксуючі бактерії, такі як *Agrobacterium pusense*, здатні перетворювати атмосферний азот (N_2) в амонійні форми (NH_4^+), які є легкозасвоюваними для рослин. Цей процес знижує потребу в азотних добривах і сприяє екологічно чистому землеробству.
3. Мікроорганізми продукують екзополісахариди та інші метаболіти, що сприяють агрегації ґрунтових частинок, покращуючи аерацію та водопроникність ґрунту. Крім того, препарат відновлює та стабілізує природне мікробне угруповання ґрунту, що є критично важливим для його родючості та супресивної здатності до патогенів.
4. Склад препарату доповнений молочнокислими бактеріями, а також вітамінами, фітогормонами та амінокислотами. Ці компоненти стимулюють ріст кореневої системи, підвищують стійкість рослин до стресових факторів та сприяють загальному поліпшенню їхнього розвитку. Застосування "ГРАУНДФІКС® фосфор-калій мобілізатор" призводить до комплексного покращення агрономічних показників, включаючи:

- Збільшення коефіцієнта використання фосфорно-калійних добрив на 20-30%, що дозволяє оптимізувати їх норми внесення та зменшити економічні витрати.
- Відновлення природної мікрофлори ґрунту, що сприяє підвищенню його фітосанітарного стану та зниженню тиску ґрунтових патогенів.
- Наявність позитивної післядії для наступних культур у сівозміні, що свідчить про довгостроковий вплив на родючість ґрунту [31].

Характеристика препарату Biochar Aktive»(Біологічне вугілля), (АПК Беста, Україна)

Biochar Aktive є високоякісним біологічним вугіллям, що виробляється методом піролізу – термічного розкладу деревини за відсутності кисню при температурах 600-1000 °C [33]. Цей процес забезпечує максимальне розкриття

вуглефібрових структур деревини, формуючи значну кількість пор (рис. 2.6). Продукт характеризується високим вмістом зв'язаного вуглецю (90-99%), що гарантує його стабільність у ґрунті та відсутність шкідливих або токсичних домішок.

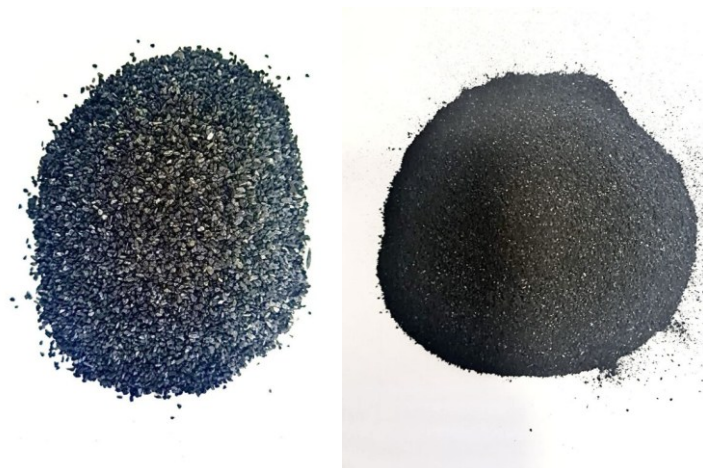


Рис. 2.6. Biochar Aktivе (Біологічне вугілля).

При внесенні Biochar Aktivе у ґрунт його пориста структура забезпечує ефективну адсорбцію та утримання вологи. Ця властивість значно підвищує ефективність використання мінеральних добрив, оскільки біологічне вугілля мінімізує вимивання азоту, водорозчинних форм фосфору, калію та мікроелементів у нижні шари ґрунту. Це сприяє більш повному засвоєнню поживних речовин кореневою системою рослин.

Крім того, Biochar Aktivе позитивно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунту:

- Структурування орного шару: допомагає формувати стійку агрегатну структуру ґрунту, що покращує його аерацію та водопроникність.
- Стабілізація щільності: сприяє оптимізації щільності ґрунту, створюючи сприятливі умови для розвитку кореневої системи.
- Покращення кислотності: впливає на нормалізацію рівня рН ґрунту, що є важливим для оптимального функціонування мікроорганізмів та доступності поживних речовин.
- Збільшення ефективності добрив: при спільному застосуванні з комплексними мінеральними добривами, наприклад, "Гранфоска", біочар здатен продовжувати їхню дію на 15–25 % та збільшувати засвоєння поживних речовин

на 3–5%. Польові дослідження також демонструють потенційне підвищення врожайності до 15% порівняно з системами без Biochar Aktive.

- Екологічний аспект: спостерігається тенденція до зниження емісії вуглекислого газу та метану з ґрунту під час мінералізації органічної речовини та засвоєння поживних елементів з мінеральних добрив, що підкреслює його роль у зменшенні вуглецевого сліду в сільському господарстві.

Стандартна норма внесення Biochar Aktive у чистому вигляді становить 100–200 кг/га. Продукт вноситься за допомогою розкидачів добрив з подальшим загортанням у ґрунт. Важливо враховувати погодні умови під час внесення – швидкість вітру не повинна перевищувати 2 м/с. При інтеграції з комплексними мінеральними добривами (наприклад, "Гранфоска") рекомендовані норми становлять 100–200 кг/га для основного внесення та 70–100 кг/га при сівбі [33].

2.5 Агротехніка в досліді

Дослід із вирощування гісопу лікарського проводили на площі 0,15 га після пшениці озимої згідно зі схемою дослідів. Агротехнічні заходи здійснювали у чіткій послідовності, із застосуванням сучасної техніки та з урахуванням біологічних особливостей культури і відповідно технологічної карти [8, 18].

Першим етапом було дискування стерні трактором John Deere 8320R з дисковою бороною RUBIN 10/600 KUA. Цей агрозахід є критично важливим для подрібнення та заробки рослинних решток попередника, провокування проростання насіння бур'янів для подальшого їх знищення, а також для збереження ґрунтової вологи.

Після дискування проводили оранку трактором John Deere 8320R з оборотним плугом LEMKEN EUROPA 7/40. Глибока оранка забезпечує заробку стерні, покращує аерацію ґрунту, сприяє накопиченню вологи та створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи гісопу. Використання оборотного плуга мінімізує утворення гребенів та розгінних борозен, забезпечуючи рівномірність обробітку.

Оптимізація мінерального живлення є ключовим фактором для реалізації потенціалу врожайності гісопу. Для покращення поживного фону молодих рослин, їх укорінення, приживання та подальшого розвитку під основний обробіток ґрунту було внесено 60 кг/га калійної солі та 120 кг/га суперфосфату.

Транспортування мінеральних добрив здійснювали автомобілем ГАЗ-3507, а їх розкидання – трактором МТЗ-82.1 з розкидачем РМД-1000. Внесення добрив під основний обробіток ґрунту дозволяє рівномірно розподілити елементи живлення по орному шару, забезпечуючи їх доступність для рослин протягом вегетаційного періоду.

Створення насаджень гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) є фундаментальним етапом у формуванні продуктивного агроценозу багаторічної культури. Висадку садженців здійснювали у III декаді жовтня. Вибір цього терміну є характерним для південних регіонів України та для певних технологій вирощування багаторічних культур, оскільки це дозволяє рослинам укорінитися до настання стійких морозів та розпочати активний ріст навесні наступного року.

Процес висадки включав наступні ключові операції:

Безпосередньо перед посадкою була проведена передпосівна культивуація на площі 1 га. Для цього використовували трактор John Deere 8320R з культиватором Great Plains 8539FC. Культивуація забезпечує вирівнювання поверхні ґрунту, його дрібне розпушення на необхідну глибину, що покращує аерацію, сприяє збереженню вологи та створює сприятливі умови для швидкого укорінення саджанців. Використання сучасного широкозахватного культиватора (Great Plains 8539FC) дозволяє провести цю операцію якісно та в стислі терміни.

Для забезпечення високої приживлюваності саджанців було організовано підвезення води (2 т) за допомогою автомобіля ГАЗ-5312. Наявність води є обов'язковою умовою для здійснення якісної висадки, особливо за осінніх термінів, коли природна вологість ґрунту може бути недостатньою для активного вкорінення. Воду використовували для поливу посадкових лунок під час висадки.

Садивний матеріал гісопу (0,5 т) доставляли на ділянку автомобілем САЗ-3507. Використання вирощеної розсади (а не прямого посіву насіння) є типовим для створення промислових насаджень багаторічних ефіроолійних культур. Використання розсади забезпечує кращу приживлюваність, однорідність насаджень та можливість швидше отримати товарну продукцію у порівнянні із посівом насінням.

Безпосередньо сама висадка розсади гісопу здійснювалася вручну, із залученням робітників. Технологія ручної висадки передбачає формування посадкових лунок, розміщення в них кореневої системи розсади, внесення досліджуваних препаратів у сухому вигляді та у вигляді водного розчину, засипання ґрунтом та легке ущільнення. Важливо, що відстань між рослинами у рядку становила 70 см, такий широкорядний спосіб посадки є обґрунтованим для гісопу, оскільки він:

- Забезпечує оптимальну площу живлення для розвитку потужного куща, характерного для багаторічних трав'янистих культур.
- Дозволяє ефективно проводити механізований догляд за насадженнями, включаючи міжрядні та поперечні культивації, що є важливим для контролю бур'янів та підтримання оптимального фізичного стану ґрунту впродовж усього періоду експлуатації плантації.
- Сприяє кращій аерації насаджень, зменшуючи ризик розвитку грибкових захворювань.

Таким чином, процес висадки гісопу був ретельно спланований, включаючи передпосівну підготовку ґрунту, забезпечення необхідними ресурсами (вода, садивний матеріал) та здійснення безпосередньої висадки з дотриманням оптимальної схеми розміщення, що є запорукою успішного розвитку багаторічної плантації.

Догляд за посівами гісопу лікарського включав як стандартні агротехнічні заходи, так і специфічні операції, пов'язані з вивченням впливу біопрепаратів.

Двічі впродовж вегетації (II декада травня та II декада липня) проводилась міжрядна культивація та рядове прополювання. Ці заходи, виконані трактором

МТЗ-82.1 з культиваторами КРНВ-5,6, спрямовані на ефективне знищення бур'янів, розпушення ґрунту для покращення газообміну та вологопроникності. Особливістю догляду за насадженнями гісопу було проведення культивації впоперек висадки, що стало можливим завдяки оптимальному розміщенню рослин у рядку на відстані 70 см. Це дозволяє більш ефективно боротися з бур'янами, особливо тими, що ростуть безпосередньо у рядках, та забезпечує додаткове розпушення ґрунту, що є важливим для багаторічних культур.

Збирання врожаю гісопу здійснювали двічі впродовж вегетаційного періоду, що є оптимальним для максимізації виходу зеленої маси та ефірної олії з багаторічної культури за умов природного зрошення.

- Перше скошування (II декада червня): Проводили скошування гісопу трактором МТЗ-82.1 з косаркою КСП-2,1. Після цього здійснювали збирання та навантаження зеленої маси робітниками, та її перевезення автомобілем САЗ-3507. Це скошування, припадає на період масового цвітіння, коли вміст ефірної олії є оптимальним.

- Друге скошування (III декада серпня): Повторне скошування проводили аналогічно першому – трактором МТЗ-82.1 з косаркою КСП-2,1, із подальшим збиранням та навантаженням робітниками та перевезенням зеленої маси автомобілем САЗ-3507. Це дозволяє отримати другий урожай, використовуючи здатність гісопу до активного відростання після першого зрізання.

Така дворазова система збирання врожаю є важливим аспектом інтенсивної технології вирощування гісопу, що спрямована на підвищення загальної продуктивності плантації протягом вегетаційного сезону.

Особливою та важливою частиною агротехніки багаторічної культури, як гісоп, є щорічне осіннє технологічне зрізання та ремонт насаджень. Цей захід має на меті стимулювання відростання нових пагонів, підтримку продуктивного довголіття насаджень та забезпечення їх оптимальної густоти. Ремонт насаджень здійснювався шляхом заміни пошкоджених або загиблих рослин новими саджанцями, при цьому обсяг заміни не перевищував 10% від загальної кількості

рослин на ділянці. Це дозволяє підтримувати рівномірність насаджень та мінімізувати втрати продуктивності впродовж років використання ділянки.

Таким чином, агротехніка досліду була розроблена з урахуванням біологічних особливостей гісопу лікарського та з метою наукового обґрунтування впливу сучасних біологічно активних препаратів на продуктивність культури. Варіанти досліду, що включали застосування Biochar Aktive та Граундфікс®, дозволяють провести порівняльний аналіз їх ефективності та розробити рекомендації щодо оптимізації технологій вирощування гісопу для підвищення його врожайності та якості продукції.

Висновки з розділу 2

1. Дослідження проводилися на базі ННПЦ МНАУ у 2022–2024 роках на ґрунтах, характерних для регіону південного Степу України — чорноземах південних малогумусних слабкосолонцюватих важкосуглинкових. Вони мають високу щільність складення, добру водоемність, нейтральну або слаболужну реакцію середовища та вміст гумусу на рівні 2,9–3,2%, що є сприятливим для вирощування ефіроолійних культур. Показники забезпеченості основними елементами живлення (легкогідролізований азот, фосфор, калій) знаходилися на середньому або високому рівні.

2. Кліматичні умови зони досліджень були типовими для посушливої зони південного Степу України, з переважанням високих температур, нестійким зволоженням та значною міжрічною варіабельністю. За роки досліджень (2022–2024) зафіксовано критичні фази з дефіцитом опадів, особливо у червні–липні, що відповідно знижувало гідротермічний коефіцієнт до показників $<0,2$. Проте сприятливі умови квітня, серпня та вересня дозволяли відновлювати ріст і розвиток гісопу після стресових періодів. Найсприятливішим роком за показниками температурного режиму та опадів був 2023 рік, тоді як 2024 відзначався гострим дефіцитом вологи у фазах активного росту.

3. У розділі детально описано методика проведення експериментів, включно з біометричними спостереженнями, агрохімічними, фізико-хімічними

та водними аналізами ґрунту, оцінкою динаміки росту та розвитку гісопу, вмісту хлорофілу, вегетаційних фаз і впливу біологічних препаратів. Застосовано сучасні інструментальні методи (SPAD-аналіз), а також статистичний аналіз результатів (дисперсійний, кореляційний, варіаційний), що забезпечило високу точність та обґрунтованість експериментальних висновків.

4. У дослідях використано розсадний спосіб вирощування трьох сортів гісопу (Маркіз, Національний, Водограй) із застосуванням біопрепаратів Biochar Aktive та Граундфікс®, що дозволило вивчити адаптивну реакцію рослин на різні умови живлення та визначити оптимальні агротехнічні рішення. Дослід закладено за схемою розщеплених ділянок у чотириразовій повторності, що відповідає вимогам наукової достовірності.

5. Методика дослідження включала оцінку впливу різних фонів живлення (Biochar Aktive, Граундфікс® та їх комбінація) на три сорти гісопу (Маркіз, Національний, Водограй) за схемою розщеплених ділянок у чотириразовій повторності. Проводилися агрохімічні, фізико-хімічні, біометричні та фенологічні спостереження, аналіз вмісту хлорофілу (SPAD) та статистичне обґрунтування результатів.

Список використаних джерел до розділу 2

1. Агрокліматичний довідник по території України (середні обласні показники 1986-2005 рр.). За ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбиди, А. Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 108 с.
2. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств: підручник, 2-ге вид., доп. і перероб. Київ: КНЕУ, 2002. 624 с.
3. Гнатюк Н. О. Розподіл біогенних елементів у ґрунті під час вирощування ароматичних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.8. С. 111–119. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_8/21.pdf
4. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні / Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2024 рік. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>.
5. ДСТУ 4114-2002. Ґрунти. Визначання рухомих сполук фосфору і

калію за модифікованим методом Мачигіна. Чинний від 2003-01-01. Вид. офіц. Київ : Держ. ком. України з питань техн. регулювання та спожив. політики, 2002. 10 с.

6. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ПА ім. О.Н. Соколовського. Чинний від 2008-01-01. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.

7. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / В. К. Збарський, В. І. Мацибора, А. А. Чалий та ін. ; за ред. В. К. Збарського, В. І. Мацибори. Київ : Каравела, 2018. 312 с.

8. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / С. М. Рогач, Н. М. Суліма, Т. А. Гуцул та ін. Київ : ЦП “Компринт”, 2020. 546 с.

9. Ісаченко О. Г., Шляпніков А. А. Природа світу: Ландшафти. М. : Думка 1989. 504 с.

10. Коваленко О. А. Елементи живлення гісопу лікарського за краплинного зрошення на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. Р. 51–59. DOI : <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.8>

11. Корсун С. Г., Шморгун О. В., Дацько А. О. Зміна поживного режиму ґрунту під впливом застосування біологічного препарату «Граундфікс» в агроценозах лісостепу. *АгроТерра*. 2019. № 1–2 (7). С. 14–18.

12. Лимар А. О., Лимар В. А., Коковіхін С. В., Домарацький Є. О. Агрокліматичні ресурси півдня України та їх раціональне використання : монографія. Херсон : Грінь Д. С., 2015. 246 с.

13. Методи аналізу в агрономії та агроекології / О. В. Овчарук та ін. Харків : ФОП Озеров Г.В., 2019. 364 с.

14. Методи експертизи сортів рослин лікарських та ефірних олій на різницю, однорідність та стабільність / Український інститут експертизи сортів рослин. Вінниця, 2016. 129 с.

15. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях : науково-методичне видання / за редакцією Р.А. Вожегової. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 286 с.

16. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 129 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e660408703.pdf>

17. Методичні рекомендації по застосуванню водозберігаючих режимів зрошення сільськогосподарських культур / В. А. Писаренко та ін. Херсон : Айлант, 2002. 32 с.

18. Моделі системного управління потенціалом родючості ґрунтів (на прикладі Харківської і Волинської областей) / за ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків : «Стильна типографія», 2018. 116 с

19. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії : підруч. Київ : Вища школа, 1994. 334 с.

20. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Київ : Дія, 2005. 288 с.

21. Перелік основних нормативних документів у галузі ґрунтознавства, агрохімії та охорони ґрунтів / уклад. : С. Балюк, М. Лазебна. Харків : ННЦ «ІГА ім. О.Н. Сокол.», 2019. 72 с.

22. Режими і способи зрошення / М. І. Ромащенко та ін.. Аграрна наука. 2009. С.313–350.

23. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензіометричного методу / М. І. Ромащенко та ін. Київ : ІВПіМ НААН, 2020. 71 с.

24. Родючість темно-каштанового ґрунту під впливом тривалого застосування добрив і зрошення / В. В. Гамаюнова та ін. Таврійський науковий вісник. Херсон, 2004. Вип. 36. С. 141–145.

25. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Підручник. 2005. С. 118-119.

26. А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, Л. М. Пузік, С. І. Попов; Н. М. Музафаров; В. Я. Бухало; Є. А. Криштоп. Дослідна справа в агрономії.

Книга 1. Теоретичні аспекти дослідної справи. Харків: Майдан, 2016. — 316 с. — ISBN: 978-966-372-609-0.

27. Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії : методичні поради до вивчення дисципліни. Умань : Уманський національний університет садівництва, 2010. 34 с.

28. Фокін А. Біологічний захист лікарських культур. *Пропозиція*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/biologichniy-zahist-likarskih-kultur>

29. ХЕЛПРОСТ® Укорінювач, КС. Українська біотехнологічна компанія. URL: <https://btu-center.com/xelprost-ukoriniuvac-ks>

30. Чаркор. Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» Національної академії наук України і Міністерства освіти і науки України. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/charkor-2>

31. Groundfix – ґрунтове біодобриво для покращення мікробіологічних процесів в ґрунті та підвищення врожайності культур. *AgroONE*. 2019, 13 вересня. URL: <https://www.agroone.info/publication/groundfiks-gruntove-biodobrivno-dlja-pokrashhennja-mikrobiologichnih-procesiv-v-grunti-ta-pidvishhennja-vrozhajnosti-kultur/>

32. Bavec F. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction // F. Bavec, M. Bavec / Commun. in soil science and plant analysis. – 2001. – № 32. – P. 2709-2719.

33. Biochar Aktive (біологічне вугілля) URL: https://besta.com.ua/product/biochar/?srsltid=AfmBOoreRP1tS4EzFrbJxNuIYKlcYn46sQDLnFJWDBwuHD_f6PccUJIH

34. Biochar effects on soil biota – A review / J. Lehmann, M. C. Rillig, J. Thies et al. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. Vol. 43, № 9. P. 1812–1836. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>

35. Jennings W., Shibamoto T. Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. Academic Press Rapid Manuscript Reproduction, 1980. 472 p.

36. Udding J. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings / J. Udding, J. Geland-Alfredson, K. Pikki, H. Pieijel // Photosynthesis research. – 2007. – № 91. – P. 37-46.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБРОБКИ РОСЛИН РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТУ НА УКОРІНЕННЯ, ВИЖИВАНІСТЬ ЖИВЦІВ ГІСОПУ В ПЕРШІЙ РІК ВЕГЕТАЦІЇ.

3.1 Укорінення живців гісопу лікарського залежно від способу їх підготовки перед висаджуванням

Добір оптимального способу розмноження для багатьох культур визначається не лише простотою та економічною доцільністю. Для багатьох ефіроолійних культур характерне значне розщеплення при насіннєвому розмноженні, що пов'язане з невіривняністю сортів і популяцій. Особливо добре це помітно при появі рослин з іншим забарвленням квіток. Для збереження однорідності насаджень, що є надзвичайно важливим для отримання ефірної олії стабільного складу, може бути доцільним застосування вегетативного способу розмноження, навіть попри його вищу вартість з економічної точки зору [2, 3].

Крім того, використання саджанців для вирощування багатьох ягідних та ефіроолійних культур дає змогу отримати врожай уже в перший рік життя рослин, що дозволяє компенсувати витрати на її вирощування [4].

Серйозною проблемою при вирощуванні ефіроолійних рослин загалом, і гісопу зокрема, є хімічний поліморфізм, тобто рослини, які мають однакову зовнішню морфологію, можуть суттєво відрізнятися за складом ефірної олії, а отже — і за напрямками використання (Schubert J., 1996). Тому вегетативне розмноження таких культур дозволяє отримати садивний матеріал із заданим, стабільним хімічним складом ефірної олії [6].

Для проведення досліджень процесу укорінення зелених живців гісопу лікарського, сорт Національний, що характеризується рожевим віночком, був обраний як об'єкт дослідження. Цей сорт представляє інтерес завдяки своїм специфічним морфологічним ознакам та потенційній адаптивності до умов вирощування. Вивчення укорінення живців саме цього сорту дозволить отримати цінні дані щодо його вегетативного розмноження та можливості використання в промислових цілях [1].

Довжина живця істотно впливає на його укорінюваність, демонструючи чіткі залежності від обробки та препарату (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Укорінюваність живців гісопу лікарського залежно від розміру живця за впливу стимуляторів коренеутворення (середнє за 2022-2024 рр.), % (середнє \pm SE, n = 10)

Варіант обробки (Фактор В)	Довжина живців, см (фактор А)		
	10	15	20
Вода (замочування 6 годин)	33,0 \pm 2,5 ^а	41,7 \pm 2,9 ^б	44,3 \pm 3,9 ^б
Чаркор (замочування 6 годин)	91,7 \pm 4,1 ^г	88,3 \pm 3,8 ^в	83,7 \pm 3,7 ^в
Чаркор (замочування 12 години)	81,3 \pm 3,9 ^в	82,0 \pm 3,7 ^в	69,5 \pm 2,4 ^а
Хелпрост БТУ (замочування 6 годин)	78,3 \pm 3,7 ^в	58,7 \pm 2,2 ^а	56,3 \pm 4,1 ^г
Хелпрост БТУ (замочування 12 години)	65,8 \pm 2,9 ^б	55,3 \pm 4,1 ^г	51,2 \pm 3,0 ^б

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Загалом, спостерігалася тенденція до покращення укорінюваності при збільшенні довжини живця від 10 до 15 см, але подальше збільшення до 20 см призводило до зниження цього показника. Зокрема, у варіанті з водою укорінюваність зростала від 33,0% при довжині живця 10 см до 44,3% у живців довжиною 20 см. Натомість, обробка препаратом Чаркор (6 год) показує максимальну укорінюваність живців довжиною 10 см (91,7%), зі зниженням до 83,7% у живців довжиною 20 см. Подібне зниження спостерігалось і у випадку обробки Хелпрост БТУ (6 год), де укорінюваність чітко зменшувалась зі збільшенням довжини живця від 78,3% до 56,3%. Це свідчить про необхідність врахування довжини живця при виборі способу обробки та стимулятора укорінення для досягнення оптимальних результатів.

Аналіз ефективності застосування різних препаратів для стимуляції укорінення живців показав значні відмінності в результативності. Препарат Чаркор продемонстрував найвищу ефективність, забезпечуючи стабільно високий відсоток укорінення незалежно від довжини живця. Зокрема, при

замочуванні впродовж 6 годин, показники укорінення склали 91,7% для живців довжиною 10 см, 88,3% для 15 см, та 83,7% для 20 см. Збільшення часу замочування препаратом Чаркор до 12 годин призвело до певного зниження ефективності, особливо помітного у випадку довших живців, де відсоток укорінення зменшився до 69,5%. Препарат Хелпрост БТУ показав менш виражену стимулюючу дію на процес укорінення, з помітним зниженням ефективності при збільшенні часу експозиції та довжини живця. Найкращі результати для Хелпрост БТУ були досягнуті при використанні 10-сантиметрових живців із 6-годинним замочуванням (78,3%), в той час як 12-годинне замочування 20-сантиметрових живців призвело до зниження відсотка укорінення до 51,2%. Контрольна група, де використовувалась лише вода, продемонструвала найнижчі показники укорінення в усіх досліджуваних варіантах, що підкреслює важливість використання стимуляторів росту для підвищення успішності вегетативного розмноження.

Як показує практика, показник укорінення не завжди є надійним індикатором ефективності отримання посадкового матеріалу. Нерідко спостерігається високий відсоток укорінення, проте утворюється лише 1–2 слабких корені, що негативно впливає на приживлюваність живців після пересадки. Отже, завдання стимуляторів коренеутворення полягає не лише у збільшенні кількості живців з корінням, але й у нарощуванні числа та маси коренів на кожному з них, формуючи розвинену кореневу систему, здатну до нормального функціонування після пересадки. Тому, окрім укорінюваності, нами були визначені якісні показники кореневої системи, а саме: маса, кількість коренів та об'єм кореневої системи.

Вплив регуляторів росту на масу кореневої системи гісопу лікарського демонструє значну варіативність залежно від типу регулятора та тривалості обробки. Результати дослідження виявили, що найвища маса коренів гісопу лікарського формується під впливом регулятора росту Чаркор при експозиції впродовж 6 годин, досягаючи показників 1,30 г при довжині живця 20 см, 0,79 г при 15 см та 0,38 г при 10 см. Збільшення тривалості експозиції Чаркору до 12

годин не призводить до позитивної динаміки маси кореневої системи, а навпаки, спричиняє зниження результатів, зокрема, до 0,51 г при довжині зеленого живця 20 см. Регулятор росту Хелпрост БТУ демонструє помірний стимулюючий вплив на ріст коренів, в той же час, контрольні зразки, оброблені лише водою, характеризуються суттєво нижчими показниками маси кореневої системи, що варіюювали в діапазоні 0,1–0,57 г. Так, найбільш ефективним регулятором росту для стимуляції біомаси коренів гісопу лікарського є Чаркор при експозиції впродовж 6 годин (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Вплив регуляторів росту на коренеутворення зелених живців гісопу лікарського сорт Національний, (середнє за 2022-2024 рр.) (середнє \pm SE, n = 10)

Варіанти обробки (фактор В)	Маса кореневої системи, г			Кількість коренів, шт.			Об'єм коренів, мл		
	Довжина живців, см (фактор А)								
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Вода (замочування 6 годин)	0,10 $\pm 0,07^a$	0,16 $\pm 0,12^a$	0,57 $\pm 0,16^a$	2,3 $\pm 0,5^a$	4,2 $\pm 1,9^a$	6,0 $\pm 0,5^a$	1,1 $\pm 0,2^a$	1,6 $\pm 0,3^a$	3,6 $\pm 0,7^a$
Чаркор (замочування 6 годин)	0,38 $\pm 0,14^b$	0,79 $\pm 0,12^b$	1,30 $\pm 0,23^b$	12,5 $\pm 2,1^b$	10,8 $\pm 2,2^b$	23,2 $\pm 3,7^b$	3,4 $\pm 0,7^b$	6,1 $\pm 1,2^b$	9,9 $\pm 0,2^b$
Чаркор (замочування 12 години)	0,25 $\pm 0,09^b$	0,74 $\pm 0,17^b$	0,51 $\pm 0,15^a$	10,1 $\pm 1,4^b$	10,3 $\pm 1,1^b$	10,1 $\pm 1,6^b$	3,1 $\pm 0,6^b$	6,2 $\pm 1,3^b$	7,8 $\pm 1,6^b$
Хелпрост БТУ (замочування 6 годин)	0,19 $\pm 0,05^b$	0,48 $\pm 0,14^b$	0,45 $\pm 0,12^a$	7,7 $\pm 1,6^b$	9,3 $\pm 1,9^b$	3,7 $\pm 0,8^b$	2,9 $\pm 0,5^b$	3,8 $\pm 0,8^b$	4,2 $\pm 0,9^a$
Хелпрост БТУ (замочування 12 години)	0,17 $\pm 0,04^b$	0,21 $\pm 0,09^b$	0,53 $\pm 0,13^a$	5,3 $\pm 1,1^b$	4,7 $\pm 0,6^a$	3,8 $\pm 0,7^a$	2,2 $\pm 0,4^b$	2,8 $\pm 0,6^a$	3,4 $\pm 0,7^a$

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Вплив обробки живців різними препаратами суттєво позначається на кількості утворених коренів. Найбільшу кількість коренів, а саме 23,2 шт., зафіксовано при обробці живців довжиною 20 см препаратом Чаркор впродовж 6 годин. Збільшення тривалості експозиції Чаркору до 12 годин призводить до

значного зменшення кількості корінців, особливо у живців довжиною 20 см (до 10,1 шт.). Препарат Хелпрост БТУ (6 год) стимулює утворення до 9,3 корінців (при 15 см), що є меншим показником, ніж у Чаркору, але вищим за контрольну групу. У контрольній групі (вода) спостерігається мінімальна кількість корінців, що коливається в межах 2,3–6 шт. Таким чином, обробка живців препаратом Чаркор впродовж 6 годин демонструє значно кращі результати порівняно з іншими препаратами за показником кількості утворених корінців, особливо при довжині живця 20 см.

Аналіз об'єму кореневої системи продемонстрував, що застосування препарату Чаркор (6 годин) забезпечує найвищі показники розвитку, досягаючи 9,9 мл (20 см), 6,1 мл (15 см) та 3,4 мл (10 см). Варіант Чаркор (12 годин) показав дещо нижчі результати, особливо при довжені живців 20 см, де об'єм зменшився на 21% порівняно з 6-годинним варіантом. Препарат Хелпрост БТУ продемонстрував помірну, але стабільну ефективність (до 4,2 мл при 20 см). Контрольна група характеризувалася низьким об'ємом кореневої системи у всіх варіантах об'єм коренів (1,1–3,6 мл). Отже, для стимулювання максимального розвитку об'єму кореневої системи рекомендується використання препарату Чаркор впродовж 6 годин.

3.2. Коефіцієнт виживання та величини SPAD-індексу різних сортів гісопу лікарського першого року вегетації

Кількість хлорофілу в листках рослин є важливим індикатором фотосинтетичної активності, що безпосередньо впливає на формування вегетативної маси. Вищий вміст хлорофілу забезпечує ефективніше поглинання світлової енергії, необхідної для фотосинтезу, внаслідок чого активізується синтез органічних речовин, що сприяє інтенсивнішому росту листків, стебел та інших вегетативних органів [5, 7]. Таким чином, рівень хлорофілу в рослинах є одним із ключових факторів, що визначає загальну біомасу та продуктивність культури.

У дослідженні вимірювання вмісту хлорофілу в листках гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) здійснювали за допомогою польового хлорофіломіра SPAD-502 (Konica Minolta, Японія) [5, 7]. Цей прилад дозволяє швидко і не ушкоджуючи зразка визначати сумарний вміст хлорофілу у листовій пластинці, що є зручним інструментом для оперативного моніторингу фізіологічного стану рослин у польових умовах (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Вимірювання рівня вмісту хлорофілу рослин гісопу лікарського першого року вегетації.

Показник SPAD, визначений за допомогою приладу SPAD-502 (Konica Minolta, Японія), відображає рівень вмісту хлорофілу в зеленій масі рослини. Високі значення цього показника свідчать про підвищену фотосинтетичну активність, що, у свою чергу, вказує на активне нарощування надземної вегетативної маси. Такий процес є характерним для інтенсивного росту і розвитку листового апарату.

Проте в умовах надмірного відтоку поживних речовин до зелених органів рослини — зокрема листків — може спостерігатися певний дисбаланс у

внутрішньому розподілі асимілянтів. Це особливо критично для багаторічних рослин у перший рік їх вегетації, коли відбувається формування не лише надземної частини, а й закладка повноцінної кореневої системи. Відтік поживних речовин від коренів до активно зростаючих листків може уповільнювати розвиток підземної частини рослини, що потенційно негативно впливає на її здатність до адаптації та перезимівлі.

Таким чином, хоча високі значення SPAD є ознакою активного росту вегетативної маси, важливо зважати на баланс між надземним і підземним розвитком, особливо при вирощуванні багаторічних культур. Вимірювання вмісту хлорофілу у рослин гісопу лікарського першого року вегетації (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Вимірювання рівня вмісту хлорофілу у рослин гісопу лікарського першого року вегетації.

У результаті дослідження вмісту хлорофілу за показником SPAD, визначеного у листках гісопу лікарського першого року життя, виявлено значні відмінності між сортами та біологічно активними препаратами.

Величини SPAD-індексу сортів гісопу лікарського першого року вегетації відображені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Величини SPAD-індексу сортів гісопу лікарського першого року вегетації, SPAD-index ($\bar{x} \pm SE$, $n = 4$, кожна величина є середньою з 30 вимірювань)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Роки висаджування саджанців			середнє за 2022- 2024 рр.
		2022	2023	2024	
Маркіз	Контроль (без внесення)	23,4±0,6 ^a	26,6±0,7 ^a	22,5±0,6 ^a	24,2
	Граундфікс®	26,9±0,7 ^b	29,2±0,7 ^b	26,9±0,7 ^b	28,1
	Biochar Aktive	28,4±0,7 ^b	31,7±0,8 ^b	27,1±0,7 ^b	31,7
	Biochar Aktive + Граундфікс®	29,0±0,7 ^b	32,2±0,8 ^b	25,8±0,6 ^b	29,0
Національний	Контроль (без внесення)	35,9±0,8 ^a	43,6±1,1 ^a	38,2±0,9 ^a	39,2
	Граундфікс®	37,4±0,9 ^a	34,4±0,9 ^b	40,0±1,0 ^a	37,4
	Biochar Aktive	37,0±0,9 ^a	31,3±0,8 ^b	40,1±1,0 ^a	36,1
	Biochar Aktive + Граундфікс®	32,3±0,7 ^b	31,5±0,8 ^b	37,4±0,9 ^a	33,8
Водограй	Контроль (без внесення)	41,3±1,0 ^a	46,6±1,2 ^a	42,4±1,1 ^a	43,4
	Граундфікс®	41,1±1,0 ^a	37,7±0,9 ^b	46,7±1,2 ^b	41,8
	Biochar Aktive	37,0±0,9 ^b	36,0±0,9 ^b	41,1±1,0 ^a	38,0
	Biochar Aktive + Граундфікс®	34,3±0,9 ^b	33,5±0,8 ^b	36,9±0,9 ^b	34,9

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Сорт Маркіз у контрольному варіанті мав найнижчий середній показник SPAD — 24,2 одиниці, що є нижчим за оптимальний діапазон (26,5–33), і свідчить про менш активне накопичення хлорофілу. Під впливом різних варіантів удобрення спостерігалось підвищення значення SPAD: зокрема, при внесенні Biochar Aktive — до 31,7 одиниці, а при комбінованому внесенні Biochar Aktive + Граундфікс® — до 29,0, що свідчить про покращення фотосинтетичного потенціалу та збільшення вегетативної маси.

Сорт Національний демонстрував найвищі значення SPAD серед усіх досліджуваних, особливо в контрольному варіанті (39,2), що перевищує оптимальні межі, і може вказувати на надмірну концентрацію хлорофілу у

надземній масі за рахунок можливого пригнічення росту кореневої системи. Найбільш збалансоване значення (33,7) спостерігалось у варіанті Biochar Aktive + Граундфікс®, що лише трохи перевищує верхню межу оптимального діапазону.

В свою чергу, сорт Водограй також характеризувався високим вмістом хлорофілу: у контрольному варіанті середній показник становив 43,4, а найнижче значення (34,9) зафіксовано при застосуванні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®. Усі варіанти для цього сорту мали SPAD-індекс, що перевищує оптимальні межі і свідчить про схильність цього сорту до переважного розвитку надземної частини.

Застосування біологічно активних препаратів, особливо Biochar Aktive окремо або в комбінації з Граундфікс®, забезпечує підвищення рівня хлорофілу (SPAD) до або в межах оптимального рівня для сорту Маркіз. Для сортів Національний та Водограй спостерігається перевищення оптимального діапазону, що вказує на потребу в регулюванні системи живлення для забезпечення балансу між надземною та кореневою масою, особливо у першому році життя багаторічної культури.

Коефіцієнт виживаності рослин гісопу лікарського є важливим показником, що характеризує здатність рослин адаптуватися до умов середовища після висаджування та успішно продовжити розвиток. Він визначається як відсоткове співвідношення кількості рослин, що зберегли життєздатність після певного періоду вегетації, до загальної кількості висаджених рослин.

В контексті гісопу лікарського, особливо на першому році життя багаторічної культури, цей показник критично важливий, оскільки формування сильної кореневої системи напряму пов'язане з подальшою продуктивністю і зимостійкістю (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Виживання рослин гісопу лікарського залежно від сортових особливостей та біологічно активних препаратів, % ($x \pm SE$, $n = 6$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Роки висаджування саджанців			Середнє за 2022-2024
		2022	2023	2024	
Маркіз	Контроль (без внесення)	80,2 ± 5,2 ^a	85,5 ± 7,1 ^a	75,3 ± 5,1 ^a	80,3
	Граундфікс®	92,5 ± 8,1 ^a	96,7 ± 5,7 ^b	92,7 ± 7,5 ^b	94,0
	Biochar Aktive	94,8 ± 7,5 ^b	95,5 ± 5,5 ^b	89,6 ± 5,2 ^b	93,3
	Biochar Aktive + Граундфікс®	96,9 ± 7,2 ^b	98,1 ± 5,6 ^b	93,1 ± 6,6 ^b	96,0
Національний	Контроль (без внесення)	78,5 ± 4,4 ^a	83,4 ± 5,2 ^a	74,5 ± 5,5 ^a	78,8
	Граундфікс®	92,2 ± 5,2 ^b	95,8 ± 6,8 ^b	89,8 ± 4,7 ^b	92,6
	Biochar Aktive	93,6 ± 4,9 ^b	94,6 ± 6,4 ^b	88,0 ± 6,5 ^b	92,1
	Biochar Aktive + Граундфікс®	95,7 ± 8,1 ^b	97,4 ± 6,0 ^b	90,5 ± 5,1 ^b	94,5
Водограй	Контроль (без внесення)	76,8 ± 5,7 ^a	81,5 ± 6,1 ^a	72,0 ± 3,8 ^a	76,8
	Граундфікс®	92,3 ± 7,2 ^b	95,5 ± 5,3 ^b	88,8 ± 7,8 ^b	92,2
	Biochar Aktive	91,4 ± 4,6 ^b	94,1 ± 5,8 ^b	86,7 ± 7,7 ^b	90,7
	Biochar Aktive + Граундфікс®	93,6 ± 8,3 ^b	95,7 ± 6,2 ^b	89,0 ± 7,3 ^b	92,8

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Сорт Маркіз у контрольному варіанті показав середній рівень виживаності — 80,3%, що свідчить про помірну адаптаційну здатність без застосування біологічно активних препаратів. Усі варіанти удобрення значно підвищували цей показник: найвищий коефіцієнт зафіксовано при сумісному використанні Biochar Aktive + Граундфікс® — 96,0%, що свідчить про синергетичну дію препаратів. Також високі показники отримано за окремого внесення Biochar Aktive (93,3%) та Граундфікс® (94,0%).

Рослини сорту Національний у контрольному варіанті мали нижчий рівень виживаності — 78,8%, що вказує на підвищену вимогливість сорту до умов вирощування. Застосування добрив значно покращило виживаність: найвищий показник — 94,5% — також спостерігався за їх сумісного використання (Biochar Active + Граундфікс®), що свідчить про ефективність комплексного підходу до живлення.

Сорт Водограй мав найнижчий середній показник виживаності в контрольному варіанті — 76,8%, що свідчить про найвищу чутливість серед досліджуваних сортів. Разом із тим, варіанти із застосуванням біологічно активних добрив значно покращили адаптацію рослин: зокрема, за сумісного внесення Biochar Active + Граундфікс® коефіцієнт сягнув 92,8%, а за окремого використання Biochar Active — 90,7%, що свідчить про позитивний вплив органічного компонента.

Усі сорти продемонстрували покращення виживаності за застосування біологічно активних препаратів, особливо ефективною виявилась комбінація Biochar Active + Граундфікс®. Це свідчить про доцільність використання комплексного внесення біологічно активних препаратів при вирощуванні гісопу лікарського, особливо у перший рік вегетації культури (рис. 3.3).

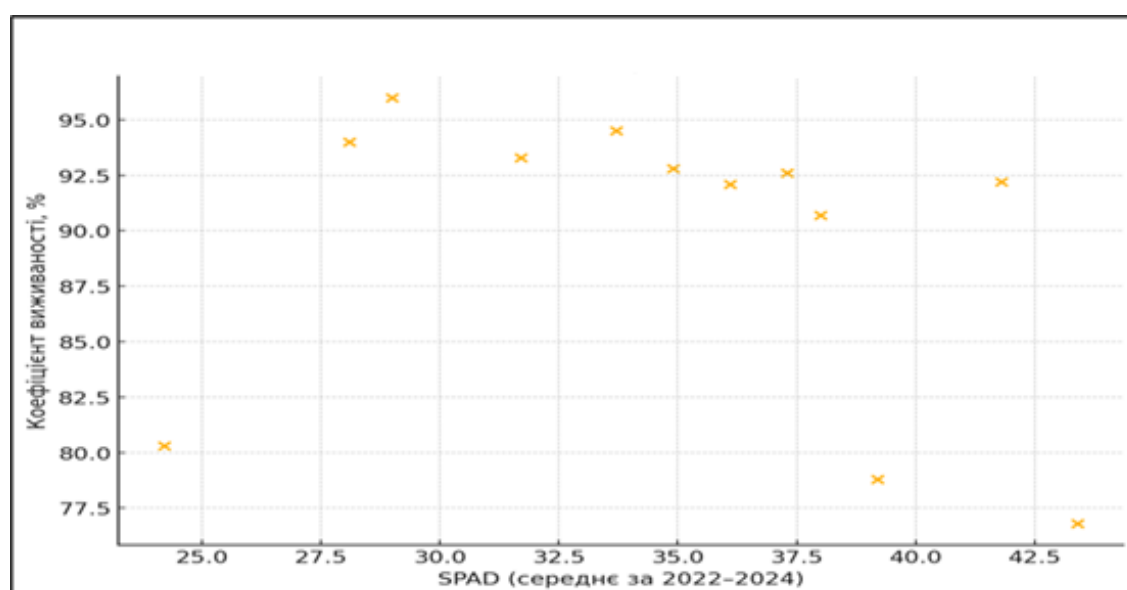


Рис. 3.3. Залежність виживаності рослин гісопу лікарського від показника SPAD

Аналіз графічної залежності між середніми значеннями SPAD-індексу та коефіцієнтом виживаності показав загальну тенденцію до позитивної кореляції між цими показниками. Це означає, що зі зростанням рівня хлорофілу в листках (SPAD) спостерігається підвищення здатності рослин до адаптації та виживання у польових умовах.

Таке співвідношення свідчить про те, що достатній вміст хлорофілу забезпечує ефективні фотосинтетичні процеси, які сприяють загальному зміцненню рослини. Водночас, на графіку видно деяке відхилення від лінійної залежності, що зумовлене впливом дії біологічно активних препаратів на розподіл ресурсів між надземною і підземною частинами.

Найвищі значення виживаності спостерігалися у варіантах з комбінованим внесенням Biochar Aktive + Граундфікс®, які забезпечували високий рівень SPAD у межах або трохи вище оптимального діапазону. Це вказує на ефективність збалансованого живлення для підтримки як фотосинтетичної активності, так і загальної життєздатності рослин у перший рік вегетації.

Щодо порівняння сортів за рівнем SPAD та виживаністю живців рослин гісопу лікарського можна відзначити наступне. У сорту Маркіз показник SPAD коливався в діапазоні 24,2–31,7, залежно від умов живлення. Найвища приживлюваність, що сягала 96,0%, спостерігалася при SPAD у межах 29,0–31,7, тобто поблизу або на верхній межі оптимального діапазону (26,5–33). З цього випливає, що сорт Маркіз демонструє найкращу виживаність за умов, коли показник SPAD наближається до верхньої межі оптимуму, що підтверджує його позитивну реакцію на внесення біологічно активних препаратів.

Сорт Національний характеризується показниками SPAD, що переважно перевищують оптимальний діапазон (33,7–39,2). Однак, незважаючи на це, спостерігається висока виживаність рослин, яка сягає 94,5%. Це може свідчити про наявність генетично обумовленої стійкості, що дозволяє сорту демонструвати високу виживаність навіть за перевищення рекомендованих меж вмісту хлорофілу. Таким чином, для сорту Національний оптимальний рівень SPAD, ймовірно, не є критичним фактором, що обмежує його виживаність.

Сорт Водограй демонструє високі показники SPAD, які переважно перевищують оптимальні значення (34,9–43,4), що свідчить про підвищену концентрацію хлорофілу. Водночас, середня виживаність цього сорту є дещо нижчою, ніж у сорту Національний, з максимальним показником 92,8%. З огляду на це, можна зробити висновок, що високий рівень SPAD і, відповідно, надмірна концентрація хлорофілу, не гарантує максимальної приживаності рослин. Це вказує на необхідність оптимізації співвідношення між фотосинтетичною активністю та розвитком кореневої системи для покращення загальної приживаності сорту Водограй.

Сорт Маркіз найбільш чітко демонструє позитивну залежність між оптимальним рівнем SPAD (26,5–33) і високою виживаністю живців, що свідчить про чутливість сорту до фотосинтетичної активності. Натомість сорти Національний та Водограй демонструють високі показники SPAD із меншим впливом на виживаність рослин, що може бути пов'язано з генетичними особливостями або здатністю компенсувати фізіологічний дисбаланс іншими механізмами адаптації.

Висновки з розділу 3

1. Укорінюваність живців гісопу лікарського істотно залежала від довжини живця та застосованого стимулятора. Оптимальні результати отримано за довжини живців 10–15 см, тоді як подальше збільшення до 20 см знижувало ефективність укорінення. Серед досліджуваних препаратів найвищу результативність забезпечив Чаркор, який сприяв укоріненню до 91,7% за 6-годинного замочування. Препарат Хелпрост БТУ мав меншу стимулюючу дію, особливо при збільшенні довжини живців і часу експозиції. Контроль (вода) показав найнижчі показники укорінення, що підтверджує доцільність застосування біостимуляторів для підвищення успішності вегетативного розмноження гісопу лікарського.
2. Ріст і розвиток кореневої системи гісопу лікарського істотно залежали від типу регулятора росту, довжини живця та тривалості обробки. Найвищі

показники маси, кількості та об'єму коренів отримано при застосуванні препарату Чаркор із тривалістю експозиції 6 годин, що забезпечувало формування до 1,30 г маси, 23,2 коренів та 9,9 мл об'єму у живців довжиною 20 см. Подовження часу замочування до 12 годин призводило до зниження ефективності стимуляції, особливо у довших живців. Препарат Хелпрост БТУ виявив помірну стимулюючу дію, тоді як у контрольному варіанті (вода) спостерігалися найнижчі показники розвитку кореневої системи. Отже, оптимальним для стимулювання утворення потужної кореневої системи гісопу лікарського є застосування препарату Чаркор протягом 6 годин, що забезпечує найкращі результати за всіма морфометричними параметрами.

3. Застосування біологічно активних препаратів, особливо Biochar Aktive окремо або в комбінації з Граундфікс®, забезпечує підвищення рівня хлорофілу (SPAD) до або в межах оптимального рівня для сорту Маркіз. Для сортів Національний та Водограй спостерігається перевищення оптимального діапазону, що вказує на потребу в регулюванні системи живлення для забезпечення балансу між надземною та кореневою масою, особливо на першому році вегетації багаторічної культури.
4. У контрольному варіанті сорт Маркіз продемонстрував середній рівень виживаності 80,3%, що свідчить про його помірну адаптивність без застосування біологічно активних препаратів, тоді як всі інші варіанти з біологічно активних препаратів значно покращували цей показник, зокрема комбінація Biochar Aktive + Граундфікс® забезпечила найвищий коефіцієнт – 96,0%. Сорт Національний у контролі показав нижчу виживаність (78,8%), що вказує на його більшу вимогливість до умов вирощування, проте внесення біологічно активних препаратів, особливо за сумісної композиції Biochar Aktive + Граундфікс® (94,5%), суттєво покращило адаптацію. Сорт Водограй виявився найбільш чутливим, маючи найнижчу виживаність у контролі (76,8%), але застосування біологічно активних препаратів, особливо Biochar Aktive (90,7%) та

комбінації Biochar Aktive + Граундфікс® (92,8%), значно підвищило його адаптаційні можливості.

Список використаних джерел до розділу до розділу 3

1. Буряк А.О., Коломієць Ю.В. Особливості мікроклонального розмноження гісопу лікарського. *Досягнення і перспективи в захисті та карантині рослин.* : зб. матер. II Всеукр. наук.-практ. конференції здобувачів вищої освіти, присвяченій 125-річчю НУБіП України. 20 квітня 2023 р. Київ, 2023. С. 164-165.
2. Свиденко Л. В., Кременчук Р. І. Стан і перспективи колекцій нових малопоширених субтропічних плодових культур, декоративних, ароматичних і лікарських рослин на півдні України. *Генетичні ресурси рослин.* 2015. № 17. С. 75–86.
3. Свиденко Л. В., Марковська О. Є., Стеценко І. І. Особливості вирощування розсадного матеріалу лавандину на Півдні України. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти* : зб. матер. I Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 13-14 квіт. 2021 р. Одеса, 2021. С. 323–325.
4. Стеценко І. І., Марковська О. Є. Вегетативне розмноження *Lavandula hybrida* Rev. *Сучасна наука: стан та перспективи розвитку* : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди Дня науки. Херсон : ХДАЕУ, 2021. С. 74-78.
5. Bavec F., Bavec M. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 2001. № 32. С. 2709–2719. .DOI:[10.1081/CSS-120000956](https://doi.org/10.1081/CSS-120000956)
6. Johan Schubert. Specifying nonspecific evidence. *Int. J. Intell. Syst.* 1996. – V 8(6), 711–725 [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-111X\(199608\)11:8<525::AID-INT2>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-111X(199608)11:8<525::AID-INT2>3.0.CO;2-N)
7. Udding J. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings / J. Udding, J. Geland-Alfredson, K. Pikki, H. Pieijel // *Photosynthesis research.* – 2007. – № 91. – P. 37-46.

РОЗДІЛ 4

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ

4.1 Зміна тривалості міжфазних періодів рослин гісопу лікарського залежно від системи внесення біологічно активних препаратів

Ефіроолійні рослини, завдяки своїм унікальним властивостям, є одними з найбільш перспективних культур, що мають багаторівневі напрями використання (медицина, косметологія, харчова промисловість, аромотерапія та дизайн ландшафту). Сорти гісопу лікарського мають як генетичні так і морфологічні особливості. Гісоп відноситься до групи ксерофітів, що визначає його здатність пристосовуватися до умов обмеженого зволоження. Ця рослина, разом із іншими пряно-ароматичними культурами, демонструє високу стійкість до посухи, що робить її цінним компонентом в агрономії та садівництві [11, 17]. Тому вирощування в умовах природнього зволоження в Степовій зоні України є актуальним.

Основним фактором, що визначає час настання фенологічних фаз і тривалість вегетації вирощуваної культури, є сума активних температур. В історії фенологічних досліджень багато науковців вважали доцільним обчислювати терміни настання основних фенофаз рослин, спираючись на цей показник [27]. Однак у науковій спільноті існують й інші думки. Наприклад, Ф. Шнелле у своїй фундаментальній праці наводить як переваги, так і недоліки методу підрахунку температур, підкреслюючи, що хоча цей підхід може бути корисним, він не охоплює всі аспекти складних екологічних умов, які також впливають на вегетацію рослин [24]. Існує думка, що в умовах Півдня України вирощування гісопу лікарського доцільно лише при зрошенні [4, 6, 17]. Але багаторічні дослідження науковців [1, 2, 3, 26] показали, що в умовах природнього зволоження рослини гісопу не втрачають кількісних та якісних показників: врожайності та масової частки ефірної олії.

Незважаючи на те, що вирощування ефіроолійних культур в сільськогосподарському виробництві має невеликий відсоток, потенціал розвитку цього сегменту є значним [16]. Вдосконалення агротехнічних методів вирощування, інноваційні підходи до обробки сировини суттєво сприяють не лише розширенню асортименту вирощування даних культур, але й підвищенню якості продукції, що у свою чергу відкриває нові ринки та можливості для аграрного сектора.

Рекомендоване використання насаджень гісопу лікарського становить 5 років [14, 25], тому для визначення динаміки наростання вегетаційної маси культури було проаналізовано різні вікові групи рослин, що були висадженні розсадним способом у I декаді жовтня впродовж 2021 - 2024 років, для запобігання впливу кліматичного фактору певного року на ріст і розвиток рослин. Розсаду гісопу лікарського висаджували у 30-ти денному віці.

З врахуванням технології збирання культури (скошування два рази за вегетаційний період) можна відмітити такі фази росту та розвитку гісопу лікарського:

- відновлення вегетації (ВВСН Р 07 - 10) – початок відростання зимуючих бруньок надземної частини минулорічних пагонів;

- фаза кущення (ВВСН Р 11 - 45) – активне формування вегетативної маси, розвиваються бічні пагони першого порядку, які, в свою чергу, дають пагони другого порядку;

- бутонізація (ВВСН 51) – розпочинається з моменту формування бутонів у нижній частині суцвіття та закінчується майже до періоду масового цвітіння культури, через нерівномірність розвитку бутонів у суцвітті;

- цвітіння (ВВСН 60-64) – визначається з моменту розпускання перших квіток на окремих пагонах, масове цвітіння – визначається візуально, коли більшість пагонів активно цвіте (до 40%).

У дослідженнях, присвячених отриманню максимальної кількості ефірної олії з гісопу лікарського [27], зазначено, що оптимальним часом для скошування зеленої маси є період бутонізації. Це сприяє активному поновленню відростання рослини, що, у свою чергу, дозволяє провести друге скошування. Завдяки такій

технології, суттєво зростає вихід ефірної олії з одиниці площі насаджень, що робить цей підхід ефективним для комерційного виробництва олії [25].

Аналіз отриманих даних довів вплив кліматичних умов на ріст і розвиток рослин гісопу лікарського [7, 8]. У зв'язку зі зміною клімату, зимові періоди впродовж проведення дослідів не мали стійкого снігового покриву та значних від'ємних температур, що дозволило уникнути обмерзання та випадіння рослин.

2022 рік відзначився як посушливий, що негативно вплинуло на вегетаційні процеси рослин. За даними метеорологічних спостережень, протягом вегетаційного періоду зафіксовано лише 274,2 мм опадів, з яких 30% випало у вересні. Нерівномірність розподілу опадів стало вирішальним фактором для формування вегетативної маси та тривалості фенологічних фаз росту і розвитку рослин. Відновлення вегетації розпочалось 26.03, що на 12 днів пізніше порівняно з 2023 роком та на 3 дні раніше ніж у 2024 році. Це обумовлено тривалими холодними температурами у нічний період $-5-6^{\circ}\text{C}$, що викликало уповільнення метаболічних процесів у рослин.

Кущі гісопу лікарського на першому році життя демонстрували помірний рівень формування вегетативної маси, що характерно для рослин ювенального віку (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Тривалість фенологічних фаз росту і розвитку гісопу лікарського першого року життя, 2022 р.

Сорт (фактор А)	Фенологічні фази росту і розвитку					Тривалість вегетаційно го періоду, днів
	Відновлен ня вегетації – активне наростання, днів	Цвітіння, днів	Повторне відростан ня, днів	Повторне цвітіння, днів	Повторне відростання, днів	
Маркіз	79	12	67	8	38	204
Національний	75	7	61	6	45	194
Водограй	76	10	63	8	42	199

Формування суцвіть відбулося лише у 40% рослин, це пояснюється тривалою весняною посухою, що негативно вплинула на їх розвиток.

Завершення вегетаційного періоду було зафіксоване 7.11.2022 року, після чого рослини перейшли в стан спокою, сформувавши кущі з гілкуванням третього порядку.

У 2023 році стійкий перехід середньодобової температури більше $+5\text{C}^0$ спостерігали у II декаді березня (14.03), що забезпечує відновлення вегетації гісопу лікарського. При порівнянні рослини першого та другого року життя, з'ясовано, що періоди відновлення вегетації – активне наростання різняться за тривалістю перебігу фаз. Так, більш розвинені рослини другого року життя раніше починали відновлення вегетації, а тривалість фаз росту і розвитку рослин в більшості залежала від сортових особливостей культури (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Тривалість фенологічних фаз росту і розвитку гісопу лікарського залежновід віку рослин та сортових особливостей, 2023 р.

Сорт	Фенологічні фази росту і розвитку					Тривалість вегетаційного періоду, днів
	Відновлення вегетації – активне наростання, днів	Цвітіння, днів	Повторне відростання, днів	Повторне цвітіння, днів	Повторне відростання, днів	
I рік життя						
Маркіз	80	14	67	10	48	219
Національний	77	10	73	7	53	220
Водограй	83	12	65	8	47	215
II рік життя						
Маркіз	90	17	80	12	41	240
Національний	83	15	77	10	53	238
Водограй	85	12	77	11	50	235

Сорт Маркіз другого року життя мав найдовший період відновлення вегетації – активне наростання – 90 днів (ВВСН Р 07 – 10, ВВСН Р 11 - 45), що на 5 днів більше сорту Водограй та на 7 днів більше сорту Національний, відповідно. Така пролонгована тривалість періоду активного наростання

обумовлена опадами (207 мм). Наростання вегетативної маси у даний період дало можливість сформувати куші гісопу лікарського з більшою кількістю квітконосних пагонів, що в свою чергу відобразилось у більш тривалому періоду бутонізації – 12-17 днів залежно від сорту.

Рослини першого року життя пізніше відновлювали вегетацію, в період активного наростання спостерігалось формування кущиків, а фаза цвітіння була коротшою на 3-7 днів ніж у рослин другого року життя. Повторне відростання було менш активне, опадів у даний період випало 121 мм, що в свою чергу вплинуло на формування зеленої маси культури.

Припинення вегетації спостерігалось 16.11.2023 р. і тривало на 9 днів довше ніж у 2022 році.

2024 рік характеризувався холодною весною, відновлення вегетації рослин гісопу лікарського відбулося у III декаді березня (24.03), що на 10 днів пізніше ніж у 2023 році, та раніше на 5 днів ніж 2022 році відповідно. Опади у 2024 році були незначні – на період відновлення вегетації до першого скошування припало 152,2 мм. У період повторного відростання до другого скошування випало всього 127,6 мм опадів. З огляду на фактор посухи, всі фази вегетації рослин першого року життя були значно коротші. Так, фаза відновлення вегетації – активне наростання була коротшою ніж у рослин другого року життя в середньому по сортах на 5 днів, а у рослин третього року життя – коротшою на 9 днів відповідно. Старші за віком рослини були більш стійкими та витривалими до посухи (табл. 4.3).

У результаті посушливих умов, що склалися у 2024 році, суцвіття гісопу лікарського були недостатньо розвинуті. Зелена маса рослин швидко здерев'яніла, що негативно позначилося на загальному стані культури та наявності ефірної олії.

Таблиця 4.3

Тривалість фенологічних фаз росту і розвитку гісопу лікарського залежно від віку рослин та сортових особливостей, 2024 р.

Сорт	Фенологічні фази росту і розвитку					Тривалість вегетаційного періоду, днів
	Відновлення вегетації – активне наростання, днів	Цвітіння, днів	Повторне відростання, днів	Повторне цвітіння, днів	Повторне відростання, днів	
І рік життя						
Маркіз	77	11	61	7	47	203
Національний	71	8	66	5	51	201
Водограй	74	10	60	8	44	196
II рік життя						
Маркіз	82	15	67	9	44	217
Національний	77	12	73	8	50	220
Водограй	80	11	65	8	47	211
III рік життя						
Маркіз	86	16	68	10	42	222
Національний	82	13	66	10	47	218
Водограй	83	12	69	9	46	220

Характеристику сортових особливостей рослин третього року життя у 2024 році була наступною. Сорт Маркіз третього року життя, із синім кольором віночка, виявився більш стійким до несприятливих умов періоду вегетації – у нього спостерігалось найбільше суцвіття (рис. 4.1) та пролонгований період цвітіння. Найбільші за діаметром кущі сформували рослини сорту Національний, з рожевим кольором пелюсток. Так, середня висота кущів гісопу лікарського сорту Маркіз становила 63 см, ширина – 70 см, при цьому рослини продовжували цвітіння. У той же час рослини сорту Національний мали більш розлогі кущі і були більші за розміром – на 2 см вищі та на 20 см ширші за рослини сорту Маркіз.

Рослини сорту Водограй були найбільш компактні, мали висоту – 59 см, ширину – 65 см та найперші завершили фазу цвітіння. Довжина квітконосів даного сорту була 6 см, що більше за довжину квітконосів сорту Національний на 2 см, та менше за сорт Маркіз також на 2 см. Тож, незважаючи на менші розміри куща рослини сорту Водограй мали більш розвинені квітконоси, ніж у сорту Національний, що є основою врожайності рослини.



Рис. 4.1. Суцвіття гісопу лікарського третього року життя (2024 р.): сорт Маркіз (синій колір віночка), сорт Національний (рожевий колір віночка), сорт Водограй (білий колір віночка).

Сума ефективних температур є важливим показником для вирощування гісопу лікарського, оскільки цей фактор безпосередньо впливає на ріст і розвиток рослини. Гісоп лікарський – теплолюбна культура, найбільш ефективно росте за температур в межах 20-30°C. Важливо враховувати регіональні кліматичні особливості, оскільки вони суттєво впливають на кінцеві результати вирощування. Таким чином, дотримання оптимального температурного режиму є запорукою успішного виробництва гісопу лікарського.

Сума ефективних температур за вегетаційний період гісопу лікарського, в середньому по факторах досліду, коливалась в межах 3202,8 – 3587,0 °С залежно від року дослідження (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Сума ефективних температур за вегетаційний період гісопу лікарського

Фенологічні фази росту і розвитку	Сума ефективних температур +10 ⁰ С			
	2022 рік	2023 рік	2024 рік	Середнє за 2022-2024 рр.
Відновлення вегетації – активне наростання	720,9	874,0	832,6	809,2
Цвітіння	216,9	205,3	243,5	221,9
Повторне відростання	2157,0	2299,9	2338,7	2265,2
Повторна бутонізація	108,0	130,2	172,2	136,8
За період вегетації	3202,8	3509,4	3587,0	3433,1

Впродовж 2022–2024 рр. умови вирощування гісопу лікарського характеризувалися достатнім тепловим ресурсом для повного проходження всіх фенологічних фаз розвитку культури. Сума ефективних температур ($\Sigma > 10$ °С) у середньому за три роки становила 3433,1 °С, що відповідає оптимальним умовам для формування продуктивності багаторічних ефіроолійних культур у Південному Степу України.

На фазу відновлення вегетації – активного наростання припадала середня сума ефективних температур 809,2 °С. Найбільш тепло забезпеченим був 2023 рік (874,0 °С), що свідчить про швидке відновлення рослин після перезимівлі. У 2022 році сума тепла була нижчою (720,9 °С), що, зумовило повільніший старт весняного росту.

Період цвітіння потребував у середньому 221,9 °С, із незначною міжрічною варіабельністю (± 20 °С). Це свідчить про високу стабільність фази, оскільки гісоп належить до культур із коротким періодом генеративного розвитку, що мало реагує на теплові коливання. Найвищу суму тепла зафіксовано у 2024 р. (243,5 °С), що супроводжувалося подовженням цвітіння та більш рясним утворенням суцвіть.

Найбільші значення теплового ресурсу припали на фазу повторного відростання — 2265,2 °С, що становить понад 65 % загальної суми ефективних температур за вегетаційний період. Це підтверджує, що друга хвиля росту є визначальною для накопичення біомаси та формування ефірної олії. Фаза повторної бутонізації потребувала в середньому 136,8 °С, що відповідає короткому, але інтенсивному генеративному етапу. У 2024 році зафіксовано підвищену суму тепла (172,2 °С), що сприяло активнішому відновленню після першого зрізу.

За роки досліджень спостерігалось, що у молодих рослин швидше розвивалась вегетативна маса, відмічалось активне формування кущів та на 5-13 діб швидше проходили періоди цвітіння та дозрівання насіння, ніж у рослин третього року життя. У свою чергу рослини гісопу лікарського третього року життя краще переносили перезимівлю, раніше відновлювали вегетацію та були більш стійкішими до посушливих кліматичних умов, що склалися у 2024 році. Така стійкість більш старших рослин обумовлена розвитком куща та сплячих бруньок, які забезпечують підвищену стресостійкість гісопу лікарського.

4.2 Біометричні показники рослин гісопу лікарського

Останнім часом спостерігається зростаючий інтерес до використання біологічно активних препаратів, таких як Граундфікс® та Biochar Aktive, у вирощуванні лікарських рослин, зокрема гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) [13, 14, 15, 18]. Ці біологічно активні препарати сприяють підвищенню родючості ґрунту, покращують його структуру та активізують мікробіологічні процеси, що позитивно впливає на ріст і розвиток рослин.

Граундфікс® є ґрунтовим біодобривом, яке містить комплекс корисних мікроорганізмів, включаючи *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* та *Azotobacter chroococcum*. Ці бактерії фіксують атмосферний азот, мобілізують фосфор і калій з нерозчинних сполук, а також продукують біологічно активні речовини, такі як ауксини, гібереліни та цитокініни, які стимулюють ріст і розвиток рослин. Крім того, Граундфікс® пригнічує розвиток фітопатогенів, оздоровлюючи ґрунт і підвищуючи його родючість [15].

Biochar Aktive (біологічне вугілля) є продуктом піролізу органічних матеріалів і використовується для покращення властивостей ґрунту. Він підвищує вміст органічної речовини в ґрунті, покращує його структуру, водоутримуючу здатність та аерацію. Biochar Aktive також слугує середовищем для розвитку корисних мікроорганізмів, що сприяє активізації мікробіологічних процесів у ґрунті [13, 14].

Дослідження щодо впливу біопрепаратів на лікарські рослини показують позитивні результати. Зокрема, застосування біопрепарату Азотофіт, який містить азотфіксуючі бактерії *Azotobacter chroococcum*, сприяло швидкому росту та збільшенню маси кореневої системи лікарських культур на початкових етапах розвитку, підвищуючи їх стійкість до ґрунтових фітопатогенів [12].

У дослідженнях, проведених у південному Степу України, встановлено, що застосування мінеральних добрив у дозі N₉₀P₉₀ та дворазове позакореневе підживлення препаратом Хелафіт комбі у фази гілкування та бутонізації гісопу лікарського сприяло підвищенню врожайності та якості ефірної олії. Зокрема, врожайність гісопу становила 7,92 т/га, а вихід ефірної олії – 95,04 кг/га [6].

Хоча конкретних досліджень щодо впливу Граундфікс® та Biochar Aktive на гісоп лікарський наразі обмежено, загальні результати застосування біологічно активних добрив свідчать про їх потенційну ефективність у покращенні росту та розвитку цієї культури. Подальші дослідження в цьому напрямку можуть надати більш детальну інформацію про оптимальні умови та дози застосування цих добрив для гісопу лікарського.

У рамках проведених експериментів було встановлено, що внесення біопрепарату та органо-мінерального добрива у рекомендованих дозах позитивно корелює з ростом сортів гісопу, що сприяє підвищенню їх продуктивності (табл. 4.5). Результати даного дослідження є основою для подальшого удосконалення технологій вирощування гісопу лікарського, а також сприятимуть підвищенню економічної ефективності агрономічних практик в Південному регіоні України.

Таблиця 4.5

Вплив сортових особливостей та фону живлення на морфологічні показники рослин гісопу лікарського першого року життя, ($\bar{x} \pm SE$, $n = 6$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Висота рослин, см	Кількість гілок першого порядку, шт.	Кількість гілок другого порядку, шт.	Кількість суцвіть, шт.
1	2	3	4	5	6
2022 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	32,1±2,4 ^a	6±1 ^a	26±3 ^a	12±1 ^a
	Граундфікс®	35,1±2,3 ^a	7±1 ^a	33±2 ^a	19±2 ^b
	Biochar Aktive	33,9±1,9 ^a	8±1 ^a	28±2 ^a	13±2 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	40,2±1,8 ^b	10±2 ^b	30±3 ^a	16±2 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	33,5±1,7 ^a	6±1 ^a	23±2 ^a	13±1 ^a
	Граундфікс®	34,7±2,0 ^a	7±1 ^a	25±3 ^a	15±1 ^a
	Biochar Aktive	37,7±2,1 ^a	7±1 ^a	28±2 ^b	18±2 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	36,3±1,9 ^a	8±1 ^a	35±2 ^b	19±1 ^b
Водограй	Контроль (без внесення)	31,2±1,8 ^a	6±1 ^a	25±3 ^a	11±1 ^a
	Граундфікс®	36,2±2,2 ^a	7±1 ^a	30±2 ^a	15±2 ^b
	Biochar Aktive	34,1±1,9 ^a	8±1 ^a	29±3 ^a	14±1 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	35,0±2,0 ^a	9±2 ^b	34±3 ^b	17±1 ^a
2023 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	29,0±1,9 ^a	8±1 ^a	32±3 ^a	16±2 ^a
	Граундфікс®	38,0±2,4 ^b	9±1 ^a	39±3 ^a	19±2 ^a

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4	5	6
	Biochar Aktive	36,0±2,3 ^б	8±1 ^а	34±2 ^а	21±2 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	38,0±2,2 ^б	11±2 ^б	42±3 ^б	28±3 ^б
Національний	Контроль (без внесення)	35,5±1,8 ^а	8±1 ^а	26±2 ^а	18±2 ^а
	Граундфікс®	36,4±2,0 ^а	7±1 ^а	30±2 ^а	19±2 ^а
	Biochar Aktive	40,7±2,1 ^б	9±1 ^а	33±2 ^б	25±2 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	40,5±2,3 ^б	9±1 ^а	35±2 ^б	23±2 ^б
Водограй	Контроль (без внесення)	32,0±1,7 ^а	6±1 ^а	27±2 ^а	11±1 ^а
	Граундфікс®	36,2±1,9 ^б	7±1 ^а	30±2 ^а	15±2 ^б
	Biochar Aktive	33,3±2,0 ^а	7±1 ^а	28±2 ^а	16±2 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	36,9±2,1 ^б	8±1 ^а	36±2 ^б	19±2 ^б
2024 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	30,5±1,8 ^а	6±1 ^а	29±2 ^а	12±1 ^а
	Граундфікс®	35,4±2,2 ^а	8±1 ^а	32±2 ^а	19±2 ^б
	Biochar Aktive	34,7±2,1 ^а	7±1 ^а	34±2 ^а	21±2 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	38,8±2,4 ^б	11±2 ^б	42±3 ^б	28±3 ^б
Національний	Контроль (без внесення)	34,9±2,0 ^а	7±1 ^а	25±2 ^а	15±2 ^а
	Граундфікс®	35,4±2,1 ^а	8±1 ^а	29±2 ^а	20±2 ^б
	Biochar Aktive	38,7±2,3 ^б	9±1 ^а	32±3 ^б	23±2 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	40,2±2,2 ^б	9±1 ^а	35±3 ^б	25±2 ^б
Водограй	Контроль (без внесення)	29,4±1,7 ^а	6±1 ^а	24±2 ^а	12±1 ^а
	Граундфікс®	35,2±2,0 ^б	8±1 ^а	28±3 ^а	16±2 ^б
	Biochar Aktive	33,8±2,1 ^а	7±1 ^а	26±2 ^а	15±2 ^а
	Biochar Aktive + Граундфікс®	36,5±2,3 ^б	8±1 ^а	34±3 ^б	18±2 ^б

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Збільшення показників висоти рослин гісопу лікарського має значний вплив на процес збору врожаю, оскільки від цього залежить не лише кількість, але й якість отриманої лікарської сировини. Вища рослинність сприяє покращенню фотосинтетичних процесів, що, в свою чергу, веде до збільшення

вмісту активних речовин у листі та квітках. Крім того, підвищення висоти рослин забезпечує легший доступ до врожаю, що зменшує витрати праці і часу на збір.

Проведення досліджень у 2022-2024 роках продемонструвало, що поєднання Biochar Aktive та Граундфікс® позитивно вплинуло на розвиток досліджуваних сортів. Рослини гісопу лікарського першого року життя показали найвищі результати за цим поєднанням, зокрема сорт Маркіз у 2022 році досягнув висоти 40,2 см, сформувавши 10 гілок першого порядку, 30 гілок другого порядку та 16 суцвіть. Сорт Національний також продемонстрував значний приріст при використанні Biochar Aktive + Граундфікс®, досягнувши висоти 36,3 см, утворивши 8 гілок першого порядку, 35 гілок другого порядку та 19 суцвіть. Сорт Водограй, який на контрольних ділянках мав найнижчі показники, продемонстрував найкращий розвиток також при використанні комбінованого добрива Biochar Aktive + Граундфікс®. Отже, загальний аналіз результатів 2022 року свідчить про те, що поєднаний фон Biochar Aktive + Граундфікс® виявився найбільш ефективним для стимулювання росту та розвитку досліджуваних сортів, незалежно від їх генетичних особливостей.

У 2023 році спостерігалася позитивна динаміка росту та розвитку досліджуваних сортів рослин. Так, сорт Маркіз продемонстрував максимальні показники на комбінованому фоні, досягнувши висоти 38 см, сформувавши 11 гілок першого порядку, 42 гілки другого порядку та 28 суцвіть. Сорт Національний показав високу ефективність при застосуванні Biochar Aktive, а також його комбінації з Граундфіксом, досягнувши висоти 40,7 см. Водограй продемонстрував стабільне покращення морфологічних показників при використанні різних добрив, при цьому найкращі результати були зафіксовані при застосуванні комбінації Biochar Aktive та Граундфікс®. Загалом, у 2023 році кращий розвиток рослин гісопу лікарського першого року життя визначено більш сприятливими кліматичними умовами, а додаткове живлення суттєво покращило всі морфологічні параметри досліджуваних сортів.

Гісоп лікарський першого року життя у 2024 році демонструє кращі результати у сорту Маркіз при застосуванні Biochar Aktive + Граундфікс®.

Рослини цього сорту досягли значних розмірів, зокрема 38,8 см у висоту, розвинули 11 гілок першого порядку та 42 гілки другого порядку, а також утворили 28 суцвіть. Ці показники свідчать про значний позитивний вплив комбінованого застосування Biochar Aktive та Граундфікс® на ріст і розвиток рослин сорту Маркіз. Сорти Національний та Водограй також продемонстрували подібну тенденцію: у контрольних групах, де не застосовувалися згадані препарати, спостерігалися значно нижчі показники росту та розвитку, тоді як при використанні комбінованого фону Biochar Aktive + Граундфікс® обидва сорти показали помітне покращення показників. Це підкреслює потенційну ефективність використання комбінованого підходу для оптимізації росту та продуктивності різних сортів рослин.

Аналіз рослин гісопу лікарського першого року життя впродовж 2022-2024 років виявив чітку тенденцію впливу сортових особливостей та застосування біологічно активних препаратів на морфологічні показники рослин. У 2022 році спостерігався вплив цих факторів, хоча загальна біомаса та висота рослин були дещо нижчими порівняно з наступними роками. Найкращі результати у цей рік отримано за комплексного внесення біологічно активних препаратів Biochar Aktive + Граундфікс®, особливо для сорту Маркіз. 2023 рік відзначився стійким приростом морфологічних показників, зокрема кількості суцвіть та гілок другого порядку, з ключовою роллю фону живлення. Знову ж таки, найкращі показники зафіксовано на Biochar Aktive + Граундфікс®, що свідчить про накопичувальний ефект добрив. У 2024 році підтверджено попередню тенденцію: комплексне удобрення стабільно забезпечує максимальні результати, підтримуючи висоту рослин, кількість гілок і суцвіть на високому рівні, з лідерством сорту Маркіз.

У 2023 році було проведено дослідження впливу застосування Biochar Aktive у поєднанні з Граундфікс® на розвиток різних сортів рослин. Результати показали, що для сорту Маркіз, комбінація Biochar Aktive + Граундфікс® забезпечила найкращі показники росту та розвитку, зокрема, найвищу висоту рослини (51 см), найбільшу кількість гілок першого порядку (17 шт.), гілок другого порядку (49 шт.) та суцвіть (29 шт.). У контрольній групі, де ці препарати

не застосовувалися, спостерігалися значно нижчі значення, а саме висота рослини становила 38,9 см, а кількість гілок першого порядку – 10 шт. Аналогічна тенденція спостерігалася і для сорту Національний, де застосування Biochar Aktive + Граундфікс® сприяло найбільшому приросту (50,5 см), формуванню 17 гілок першого порядку, 41 гілки другого порядку та 26 суцвіть. Варто відзначити, що навіть у контрольній групі для цього сорту були отримані досить високі показники – 45,1 см. Сорт Водограй продемонстрував найкращу реакцію на застосування Biochar Aktive + Граундфікс®, з досягненням висоти 52,5 см, формуванням 18 гілок першого порядку, 40 гілок другого порядку та 21 суцвіття. При цьому, контрольний варіант для даного сорту показав найнижчі результати серед усіх досліджуваних сортів.

У 2024 році відмічено особливості у розвитку різних сортів рослин. Зокрема, сорт Маркіз, демонструє стабільні показники на комбінованому фоні: висота рослин сягає 52 см, налічується 17 гілок першого порядку, 49 другого порядку та 28 суцвіть. Водночас, спостерігається незначне падіння показників (близько 3 см) порівняно з даними 2023 року. Сорт Національний демонструє найкращі результати у варіанті Biochar Aktive + Граундфікс®, досягаючи висоти 51,5 см, формуючи 16 гілок першого порядку, 42 другого порядку та 25 суцвіть, однак на контрольних ділянках спостерігається помірне зниження показників порівняно з попереднім роком. Сорт Водограй також зберігає найвищу ефективність при використанні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®: висота рослин становить 50,5 см, формується 17 гілок першого порядку, 41 другого порядку та 24 суцвіття, при цьому контрольні показники також залишаються на мінімальному рівні. Отже, результати свідчать про важливість використання спеціалізованих середовищ, таких як Biochar Aktive + Граундфікс®, для забезпечення оптимального росту та розвитку рослин, хоча потребують подальшого дослідження причини зниження показників у контрольних групах та порівняно з попереднім роком.

Аналіз росту та розвитку рослин другого року життя рослин гісопу лікарського виявив позитивну динаміку основних морфологічних показників (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Вплив сортових особливостей та фону живлення на морфологічні показники рослин гісопу лікарського другого року життя ($x \pm SE$, $n = 6$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Висота рослин, см	Кількість гілок першого порядку, шт.	Кількість гілок другого порядку, шт.	Кількість суцвіть, шт.
1	2	3	4	5	6
2023 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	38,9±2,3 ^a	10±1 ^a	26±2 ^a	16±2 ^a
	Граундфікс®	48,0±2,5 ^b	14±2 ^a	34±3 ^b	20±2 ^a
	Biochar Aktive	46,0±2,2 ^b	13±1 ^a	42±2 ^b	23±2 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	51,0±2,4 ^b	17±2 ^a	49±3 ^b	29±2 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	45,1±2,1 ^a	12±1 ^a	32±2 ^a	19±2 ^a
	Граундфікс®	46,4±2,3 ^a	13±2 ^a	34±2 ^a	21±1 ^a
	Biochar Aktive	50,7±2,4 ^b	14±2 ^a	38±2 ^b	22±2 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	50,5±2,6 ^b	17±2 ^b	41±3 ^b	26±2 ^b
Водограй	Контроль (без внесення)	39,8±2,0 ^a	10±1 ^a	30±2 ^a	17±1 ^a
	Граундфікс®	46,2±2,1 ^b	15±1 ^b	37±2 ^b	19±1 ^a
	Biochar Aktive	43,3±2,2 ^a	17±2 ^b	38±2 ^b	20±1 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	52,5±2,3 ^b	18±2 ^b	40±3 ^b	21±2 ^b
2024 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	35,9±2,0 ^a	11±1 ^a	28±2 ^a	15±2 ^a
	Граундфікс®	44,0±2,3 ^b	13±1 ^a	35±3 ^b	21±2 ^b
	Biochar Aktive	47,0±2,2 ^b	14±2 ^a	43±3 ^b	23±2 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	52,0±2,4 ^b	17±2 ^b	49±3 ^b	28±2 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	43,1±2,1 ^a	12±1 ^a	31±2 ^a	18±2 ^a
	Граундфікс®	47,4±2,2 ^a	14±1 ^a	35±2 ^a	20±2 ^a
	Biochar Aktive	50,5±2,3 ^b	13±2 ^a	37±2 ^b	23±2 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	51,5±2,4 ^b	16±2 ^b	42±3 ^b	25±2 ^b

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6
Водограй	Контроль (без внесення)	38,8±2,0 ^a	11±1 ^a	31±2 ^a	15±2 ^a
	Граундфікс®	47,2±2,3 ^b	13±1 ^a	35±2 ^a	18±2 ^a
	Biochar Aktive	44,8±2,1 ^b	15±1 ^b	37±2 ^b	21±1 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	35,9±2,0 ^a	11±1 ^a	28±2 ^a	15±2 ^a

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

У перший рік вегетації висота рослин варіювала в межах 30–40 см. На другий рік спостерігалось збільшення цього показника до 45–52 см, особливо на ділянках, де застосовувалися комбінації препаратів Biochar Aktive та Граундфікс®. Збільшення висоти на 10–15 см свідчить про задовільну регенеративну здатність рослин. Кількість гілок першого порядку також зазнала значних змін: якщо в перший рік зазвичай фіксувалося 6–11 гілок, то на другий рік цей показник зріс до 17–18, демонструючи майже вдвічі збільшення, особливо на фоні застосування добрива Biochar Aktive. Щодо кількості гілок другого порядку, то в перший рік їх налічувалося до 42. На другий рік спостерігалася стабілізація цього показника на рівні понад 40 гілок при застосуванні добрив, з максимальним значенням у 49 гілок, що більше ніж у перший рік життя рослин на 21 одиницю.

Вплив сортів гісопу лікарського та фону живлення суттєво позначається на його морфологічних показниках на третій рік вегетації (табл. 4.7). Сорт Маркіз демонструє найвищі показники росту та розвитку при застосуванні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®, досягаючи висоти 64,4 см, формуючи 21 гілку першого порядку, 51 – другого та 29 суцвіть. Ці показники значно перевищують контрольні значення (57,9 см, 18 гілок 1-го порядку, 28 – другого, 16 суцвіть), які є нижчими на 15-40%. Сорт Національний також показує найкращі результати при використанні Biochar Aktive + Граундфікс® (55,6 см, 20/47 гілок, 26 суцвіть), порівняно з контролем (50,9 см, 16/41 гілок, 21 суцвіття). Хоча спостерігається тенденція до зменшення росту порівняно з попередніми роками, він залишається стабільним. Сорт Водограй, подібно до інших, демонструє максимальні показники при комбінованому живленні (58,2 см, 20/40 гілок, 20 суцвіть) проти

контролю (50 см висоти, 16/35 гілок, 19 суцвіть). Таким чином, комбіноване застосування Biochar Aktive + Граундфікс® позитивно впливає на ріст і розвиток усіх досліджуваних сортів гісопу лікарського, а сорт Маркіз демонструє найбільшу чутливість до даного агротехнічного прийому.

Таблиця 4.7

Вплив сортових особливостей та фону живлення на морфологічні показники рослин гісопу лікарського третього року життя ($\bar{x} \pm SE$, $n = 6$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Висота рослин, см	Кількість гілок першого порядку, шт.	Кількість гілок другого порядку, шт.	Кількість суцвіть, шт.
2024 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	57,9±2,9 ^a	18±1 ^a	28±1 ^a	16±1 ^a
	Граундфікс®	63,2±3,2 ^a	20±1 ^a	34±2 ^b	20±1 ^b
	Biochar Aktive	60,6±3,0 ^a	17±1 ^a	49±2 ^b	23±2 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	64,4±3,2 ^b	21±1 ^b	51±3 ^b	29±2 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	50,9±2,5 ^a	16±1 ^a	41±2 ^a	21±1 ^a
	Граундфікс®	52,3±2,6 ^a	17±1 ^a	42±2 ^a	21±2 ^a
	Biochar Aktive	52,2±2,6 ^a	17±1 ^a	45±3 ^a	22±2 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	55,6±2,8 ^a	20±2 ^b	47±3 ^b	26±2 ^b
Водограй	(без внесення)	50,0±2,5 ^a	16±1 ^a	35±2 ^a	19±1 ^a
	Граундфікс®	54,0±2,7 ^a	18±1 ^a	37±2 ^a	19±2 ^a
	Biochar Aktive	54,7±2,7 ^a	19±2 ^a	38±3 ^a	20±1 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	58,2±2,9 ^b	20±2 ^b	40±3 ^a	20±2 ^a

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

За результатами третього року досліджень, спостерігається, що рослини досягають максимальної висоти, зокрема сорт Маркіз демонструє показник понад 64 см. Інтенсивне гілкування продовжує формуватися, досягаючи максимальних значень понад 50 гілок другого порядку. Кількість суцвіть стабілізується на високому рівні, особливо при застосуванні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®, де фіксується в середньому 20–29 суцвіть. Важливо

відзначити, що комбіноване живлення демонструє стабільно вищу ефективність порівняно з контрольними зразками та поодинокими варіантами обробки.

Аналіз росту та розвитку різних сортів гісопу виявив чітку залежність морфологічних показників від віку рослин та застосованих біологічно активних препаратів. Впродовж першого року життя, висота рослин коливалася в межах 30–40 см, досягаючи максимального значення 40,2 см у сорту Маркіз при використанні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®. На другий рік спостерігалось значне збільшення висоти до 52,5 см, а на третій – до 64,4 см, що свідчить про поступове нарощування вегетативної маси з кожним роком. Найбільш інтенсивне зростання висоти відзначалося у сорту Маркіз, особливо при поєднаному внесенні препаратів. Паралельно зі збільшенням висоти, спостерігалось зростання кількості гілок першого та другого порядків. Кількість гілок першого порядку зростала від 6–11 у перший рік до 17–21 у третій, а гілок другого порядку – від 26–35 до 49–51 відповідно. Сорти Водограй та Маркіз демонстрували найвищі показники гілкування при застосуванні Biochar Aktive + Граундфікс®. Кількість суцвіть варіювала залежно від року та умов вирощування, досягаючи максимальних значень у сорту Маркіз з комбінованим живленням, при цьому контрольні варіанти стабільно показували на 20–40% меншу кількість суцвіть. Загалом, сорт Маркіз продемонстрував найвищу реакцію на добрива, стабільне зростання всіх показників та найкращу загальну продуктивність, тоді як Національний характеризувався стабільними середніми показниками та хорошою адаптивністю, а Водограй виявився трохи нижчим за продуктивністю, але з високим потенціалом при оптимальному внесенні біологічно активних препаратів. Найефективнішим виявилось внесення Biochar Aktive + Граундфікс®, яке стабільно покращувало всі морфологічні показники на 20–50%, підкреслюючи важливість збалансованого живлення для забезпечення високої продуктивності гісопу.

Отже, тривале трирічне спостереження за гісопом лікарським виявило суттєве зростання морфологічних показників з роками життя, за умови впливу біологічно активних препаратів. Зокрема, сорт Маркіз демонструє найкращі

результати при комплексному внесенні Biochar Aktive + Граундфікс®. Підкреслено, що ефективне внесення біологічно активних препаратів відіграє важливу роль не лише у стимулюванні вегетативного росту, але й має вирішальний вплив на генеративну функцію рослини, зокрема на кількість суцвіть.

4.3 Сумарне водоспоживання та ефективність використання вологи рослинами гісопу лікарського

Одним із лімітуючих факторів продуктивності сільськогосподарських культур в посушливих умовах півдня України виступає вологозабезпеченість рослин впродовж вегетаційного періоду. Гісоп лікарський, будучи багаторічною культурою, відзначається відносною невибагливістю до умов зволоження, що робить його перспективним для вирощування в регіонах з дефіцитом опадів. Проте, слід враховувати, що на початкових етапах формування насаджень, особливо в перші три роки життя, рівень вологозабезпечення може мати суттєвий вплив на широкий спектр показників продуктивності рослин, включаючи приживлюваність, темпи росту і розвитку, формування вегетативної маси та загальну продуктивність. Забезпечення оптимального рівня вологозабезпеченості в цей період є критично важливим для успішного закладання плантацій гісопу та досягнення стабільно високих показників урожайності в наступні роки [5, 6].

У проведених нами дослідженнях режим вологозабезпечення гісопу лікарського впродовж вегетації варіював залежно від застосування органічно-мінерального добрива та біопрепарату. Важливо відзначити, що на вологість ґрунту значний вплив мала також нерівномірність розподілу атмосферних опадів, що зумовило необхідність врахування погодних умов при аналізі результатів [9, 10].

У 2022 році спостерігалась найменша забезпеченість вологою на початку вегетаційного періоду серед трьох років, з показником 975 м³/га. Незважаючи на достатню кількість опадів, що склала 2256 м³/га, до кінця вегетації збереглося

лише 395,8 м³/га вологи, що є найнижчим показником. Це свідчить про те, що значна частина вологи була втрачена внаслідок інтенсивної транспірації. 2023 рік характеризувався оптимальними умовами для росту та розвитку рослин, що підтверджується високими показниками вологозабезпечення. Початкові запаси вологи становили 1338 м³/га, а збереження вологи до кінця вегетації сягнуло 824,1 м³/га. Сума опадів за рік склала 3063 м³/га, таким чином волога була достатньою та доступною впродовж усього періоду вегетації, що характеризує 2023 рік як найбільш сприятливий для формування високого врожаю. У 2024 році початкові запаси вологи в ґрунті склали 1256 м³/га, що майже відповідає показнику 2023 року. Однак, на кінець вегетаційного періоду спостерігалось зниження до 654,3 м³/га, що є нижчим значенням порівняно з попереднім роком. Ключовим фактором стала рекордно низька сума опадів, яка становила лише 1474 м³/га. То ж, незважаючи на відносно сприятливі стартові умови, недостатня кількість опадів призвела до зниження вологозабезпечення впродовж вегетації, що спровокувало помірний водний стрес у середині та наприкінці вегетації рослин.

Сумарне водоспоживання, що представляє собою загальну кількість вологи, витраченої на транспірацію рослинами та випаровування з поверхні ґрунту впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, є важливим показником для оцінки умов вологозабезпечення [9, 10, 20]. У контексті дослідження технологічних заходів, спрямованих на ефективне використання продуктивної вологи під час вегетації гісопу лікарського, саме сумарне водоспоживання було обрано як ключовий параметр. На відміну від простого вимірювання вологості ґрунту, сумарне водоспоживання надає більш комплексну та репрезентативну картину щодо водозабезпечення рослин, оскільки інтегрує в собі обидва основні процеси втрати вологи з агроєкосистеми – транспірацію рослин та випаровування з ґрунту, що дозволяє більш точно оцінити ефективність агротехнічних заходів.

Аналіз даних таблиці 4.8 показує виражену кореляцію між кліматичними умовами року та сумарним водоспоживанням рослин гісопу.

Таблиця 4.8

**Сумарне водоспоживання гісопу лікарського першого року життя
залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних
препаратів**

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Запаси вологи, м ³ /га		Сума опадів, м ³ /га	Сумарне водоспо- живання, м ³ /га	Коефіцієнт водоспо- живання, т/га
		початок вегетації	кінець вегетації			
1	2	3	4	5	6	7
2022 рік						
Маркіз	Контроль (без внесення)	975	527	2256	2704	886
	Граундфікс®	975	403	2256	2828	776
	Biochar Aktive	975	485	2256	2746	802
	Biochar Aktive + Граундфікс®	975	487	2256	2744	599
Національний	Контроль (без внесення)	975	454	2256	2777	895
	Граундфікс®	975	276	2256	2955	818
	Biochar Aktive	975	268	2256	2963	931
	Biochar Aktive + Граундфікс®	975	253	2256	2978	798
Водограй	Контроль (без внесення)	975	505	2256	2726	1048
	Граундфікс®	975	372	2256	2859	965
	Biochar Aktive	975	374	2256	2857	946
	Biochar Aktive + Граундфікс®	975	345	2256	2886	822
2023 рік						
Маркіз	Контроль (без внесення)	1338	944	3063	3457	1060
	Граундфікс®	1338	827	3063	3574	918
	Biochar Aktive	1338	811	3063	3590	983
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1338	803	3063	3598	767
Національний	Контроль (без внесення)	1338	932	3063	3469	1073
	Граундфікс®	1338	818	3063	3583	976

Продовження таблиці 4.8

1	2	3	4	5	6	7
	Biochar Aktive	1338	805	3063	3596	1048
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1338	802	3063	3599	913
Водограй	Контроль (без внесення)	1338	796	3063	3605	1325
	Граундфікс®	1338	793	3063	3608	1186
	Biochar Aktive	1338	780	3063	3621	1156
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1338	778	3063	3623	987
2024 рік						
Маркіз	Контроль (без внесення)	1256	765	1474	1927	648
	Граундфікс®	1256	643	1474	2055	615
	Biochar Aktive	1256	637	1474	2061	602
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	632	1474	2067	494
Національний	Контроль (без внесення)	1256	754	1474	1938	629
	Граундфікс®	1256	640	1474	2058	621
	Biochar Aktive	1256	633	1474	2065	578
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	627	1474	2072	545
Водограй	Контроль (без внесення)	1256	735	1474	1958	767
	Граундфікс®	1256	618	1474	2081	748
	Biochar Aktive	1256	594	1474	2106	702
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	573	1474	2128	654

Зокрема, запаси продуктивної вологи на початку вегетації та кількість опадів протягом сезону мають значний вплив. У 2023 році, з найвищими показниками вологозабезпечення (1338 м³/га запасів вологи та 3063 м³/га опадів), зафіксовано найбільше водоспоживання рослинами (3457–3623 м³/га). На противагу, 2024 рік, з найменшими запасами вологи та опадами (1474 м³/га),

характеризувався найнижчим рівнем водоспоживання (1927–2128 м³/га). Рік 2022, з проміжними значеннями вологозабезпечення (975 м³/га запасів вологи та 2256 м³/га опадів), демонструє і проміжний рівень водоспоживання (2704–2978 м³/га).

Використання води рослинами гісопу лікарського першого року вегетації суттєво варіювалося залежно від сортових характеристик, рівня мінерального живлення та кліматичних умов конкретного року.

Так, сорт Маркіз продемонстрував високу загальну потребу у воді в усі роки дослідження. Найвищий рівень сумарного водоспоживання було зафіксовано у 2023 році, особливо у варіанті Biochar Aktive + Граундфікс®, де споживання сягнуло 3598 м³/га. У цей же рік навіть контрольний варіант характеризувався високим значенням — 3457 м³/га, що вказує на загальну інтенсивність водокористування цим сортом.

У 2022 році споживання було дещо нижчим — від 2704 до 2828 м³/га залежно від варіанту живлення, з найвищим показником при використанні Граундфіксу. У 2024 році, попри зменшення кількості опадів, водоспоживання залишалося високим (до 2128 м³/га), що свідчить про активне формування біомаси навіть у стресових умовах. Це робить сорт Маркіз перспективним для високоврожайних систем, проте за умови забезпечення вологою.

Коефіцієнт водоспоживання сорту Маркіз також суттєво варіював — від 886 м³/т у 2022 (контроль) до 494 м³/т у 2024 (Biochar + Граундфікс®), що вказує на високу залежність від фону живлення.

Сорт Національний виявив помірне водоспоживання, проте з вищими значеннями у 2023 році — 3469–3599 м³/га, де показник 3599 м³/га був характерним для поєднання Biochar Aktive + Граундфікс®. У 2022 році значення були в межах 2777–2978 м³/га, а у 2024 — дещо нижчі (1938–2072 м³/га), що свідчить про адаптаційний потенціал сорту у різних гідротермічних умовах.

Коефіцієнт водоспоживання сорту Національний коливався в межах: 895–931 м³/т у 2022 році, 913–1073 м³/т (2023 рік) та 545–629 м³/т (2024 рік). Ці дані дозволяють оцінити його як оптимальний сорт для середньо-зволожених або

помірно посушливих регіонів, з хорошим потенціалом за біологічної підтримки мінеральними або біоактивними речовинами.

В свою чергу, сорт Водограй вирізнявся найнижчим рівнем сумарного водоспоживання у 2024 році, з мінімальним показником 1958 м³/га у контрольному варіанті. Це є найнижчим значенням серед усіх поєднань “рік × сорт × фон живлення”, що свідчить про відносну посухостійкість та економне використання вологи. Проте у 2023 році, за умов надлишкової вологи, водоспоживання було найвищим серед сортів — 3605–3623 м³/га, а коефіцієнт водоспоживання досягав 1325 м³/т у контрольному варіанті — це найменш ефективний результат у дослідженні. Натомість у 2024 році ситуація змінилася: коефіцієнт водоспоживання знизився до 654 м³/т при Biochar Active + Граундфікс®, що свідчить про чутливість сорту до технологій живлення, а також його придатність для екстенсивного вирощування в умовах обмеженого водопостачання.

Сорт Маркіз характеризується найвищою абсолютною потребою у воді, що робить його вимогливим до зволоження. Однак, за умови забезпечення оптимального живлення, цей сорт демонструє найефективніше використання вологи. На противагу йому, Національний є універсальним сортом, здатним адаптуватися до різноманітних погодних умов та агрофонів. Сорт Водограй, у свою чергу, відзначається найекономнішим водоспоживанням, особливо в умовах посухи, але потребує додаткової підтримки біоактивними препаратами для підвищення загальної ефективності.

Рослини гісопу лікарського другого року життя демонструють підвищену ефективність використання води, особливо при дотриманні оптимальних агротехнічних умов (табл. 4.9). Так, сорт Маркіз, у другому році вегетації підтвердив його схильність до інтенсивного водоспоживання. Зокрема, у 2023 році, за умов задовільного рівня зволоження, що характеризувався опадами в обсязі 3063 м³/га, сорт продемонстрував одні з найбільших показників сумарного водоспоживання, сягаючи 3566 м³/га у контрольному варіанті та 3585 м³/га при застосуванні комбінації Biochar Active + Граундфікс®.

Таблиця 4.9

Сумарне водоспоживання гісопу лікарського другого року життя залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Запаси вологи, м ³ /га		Сума опадів, м ³ /га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Коефіцієнт водоспоживання, т/га
		початок вегетації	кінець вегетації			
1	2	3	4	5	6	7
2023 рік						
Маркіз	Контроль (без обробки)	1338	835	3063	3566	895
	Граундфікс®	1338	832	3063	3569	699
	Biochar Aktive	1338	819	3063	3582	617
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1338	816	3063	3585	542
Національний	Контроль (без обробки)	1338	978	3063	3423	961
	Граундфікс®	1338	859	3063	3542	910
	Biochar Aktive	1338	845	3063	3556	709
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1338	842	3063	3559	581
Водограй	Контроль (без обробки)	1338	991	3063	3410	994
	Граундфікс®	1338	868	3063	3533	833
	Biochar Aktive	1338	852	3063	3549	774
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1338	843	3063	3558	714
2024 рік						
Маркіз	Контроль (без обробки)	1256	802	1474	1928	612
	Граундфікс®	1256	681	1474	2049	567
	Biochar Aktive	1256	655	1474	2075	507
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	632	1474	2098	432
Національний	Контроль (без обробки)	1256	831	1474	1899	593
	Граундфікс®	1256	705	1474	2025	590
	Biochar Aktive	1256	698	1474	2032	543

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6	7
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	690	1474	2040	449
Водограй	Контроль (без обробки)	1256	843	1474	1887	666
	Граундфікс®	1256	708	1474	2022	660
	Biochar Aktive	1256	702	1474	2028	591
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	696	1474	2034	508

Водночас, коефіцієнт водоспоживання зазнавав значних коливань, залежно від агротехнічного фону, варіюючись від 895 м³/т (контроль) до 542 м³/т (комбінація біологічно активних препаратів), що підкреслює суттєвий вплив застосованої технології живлення на ефективність використання водних ресурсів. У 2024 році, незважаючи на зменшення кількості атмосферних опадів, сорт зберіг інтенсивні темпи росту, про що свідчать значення сумарного водоспоживання в межах 1928–2098 м³/га. Мінімальне значення коефіцієнта водоспоживання у цьому році, що склало 432 м³/т, було зафіксовано знову ж таки при використанні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®, що вказує на високу потенційну ефективність застосування даної технології в умовах зрошуваних систем або в регіонах з регулярними весняно-літніми опадами.

У 2023–2024 роках сорт Національний продемонстрував стабільну та помірну реакцію на режими водозабезпечення. У 2023 році сумарне водоспоживання коливалося в межах 3423–3559 м³/га, а коефіцієнт водоспоживання становив від 961 м³/т (контроль) до 581 м³/т (за використання Biochar + Граундфікс®). У 2024 році, в умовах зменшеного водозабезпечення, сорт адаптувався, показавши сумарне водоспоживання на рівні 1899–2040 м³/га та коефіцієнт водоспоживання 593–449 м³/т, знову ж таки, з найвищою ефективністю при комбінованому удобренні. Отримані дані свідчать про пластичність сорту Національний, його здатність до помірного та раціонального

використання вологи, особливо в системах з оптимізованим біологічним живленням.

Сорт Водограй зберігає статус найбільш економічного за сумарним водоспоживанням на другий рік вегетації. У 2023 році, навіть за достатнього рівня вологи, обсяги водоспоживання залишалися найнижчими (3410 м³/га у контрольному варіанті та 3558 м³/га при максимальному навантаженні з Biochar + Граундфікс®). Однак, коефіцієнт водоспоживання (КВ) був відносно високим, досягаючи 994 м³/т у контролі, що було найменш ефективним показником серед усіх досліджуваних сортів. У 2024 році спостерігалось покращення ефективності: сумарне водоспоживання становило 1887–2034 м³/га, а КВ знизився до 666–508 м³/т. Найкращі результати були досягнуті при комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®. Отже, можна зробити висновок, що сорт Водограй демонструє ефективність лише за умови біологічної підтримки, інакше він характеризується значними втратами води на одиницю вирощеного врожаю.

На третій рік життя рослини демонструють найвищу водоекономічність, оскільки ефективність використання вологи зростає з віком культури (табл. 4.10). Сорт Маркіз вирізняється оптимальним коефіцієнтом водоспоживання, особливо у поєднанні з Biochar + Граундфікс®. Хоча сорт Водограй традиційно характеризується вищим коефіцієнтом водоспоживання, у 2024 році його показники досягли прийняттого рівня. Застосування біодобрив, зокрема їх комбінацій, суттєво покращує водоекономічність на третій рік вегетації, що є важливим фактором для успішного вирощування гісопу в умовах посушливого клімату.

У 2024 році всі досліджувані сорти продемонстрували високу водоекономічність, характеризуючись низьким коефіцієнтом водоспоживання в межах 363–577 м³/т. Це свідчить про ефективне використання води рослинами на третьому році їх життя. Сорт Маркіз показав мінімальний середній коефіцієнт водоспоживання – 453,0 м³/т (з коливаннями від 363 до 515 м³/т), наступний сорт Національний з середнім показником водоспоживання 484,5 м³/т (407–541 м³/т)

та сорт Водограй з середнім коефіцієнтом водоспоживання 505,8 м³/т (422–577 м³/т).

Таблиця 4.10

Сумарне водоспоживання гісопу лікарського третього року життя залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Запаси вологи, м ³ /га		Сума опадів, м ³ /га	Сумарне водоспоживання, м ³ /га	Коефіцієнт водоспоживання, т/га
		початок вегетації	кінець вегетації			
2024 рік						
Маркіз	Контроль (без внесення)	1256	849	1474	1881	515
	Граундфікс®	1256	713	1474	2017	496
	Biochar Aktive	1256	686	1474	2044	438
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	662	1474	2068	363
Національний	Контроль (без внесення)	1256	871	1474	1859	519
	Граундфікс®	1256	739	1474	1991	541
	Biochar Aktive	1256	732	1474	1998	471
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	724	1474	2006	407
Водограй	Контроль (без внесення)	1256	883	1474	1847	577
	Граундфікс®	1256	742	1474	1988	548
	Biochar Aktive	1256	736	1474	1994	476
	Biochar Aktive + Граундфікс®	1256	729	1474	2001	422

Аналіз впливу внесення біологічно активних препаратів виявив, що контроль (без внесення) призводив до найвищих показників коефіцієнта водоспоживання для кожного сорту.

Застосування біопрепарату Граундфікс® сприяло помірному зниженню коефіцієнта водоспоживання, в той час як використання Biochar Aktive забезпечувало більш виражене зниження даного показника (на 40–70 м³/т).

Найбільш значне зниження втрати води рослинами спостерігалось при комбінованому застосуванні Biochar Aktive та Граундфікс®, коли коефіцієнт водоспоживання досягав найнижчих значень у всіх сортах (363–422 м³/т). Наприклад, у сорту Маркіз перехід від контролю до використання Biochar Aktive + Граундфікс® призвів до зменшення водоспоживання з 515 до 363 м³/т. Аналогічні тенденції спостерігались і для сортів Національний (зниження з 519 до 407 м³/т) та Водограй (зниження з 577 до 422 м³/т), що підтверджує позитивний вплив комбінованого внесення біопрепаратів на водоефективність досліджуваних сортів.

Аналіз водоспоживання гісопу впродовж 2023-2024 років чітко демонструє його високу залежність від кліматичних умов та агротехнічних факторів. Найбільше сумарне водоспоживання (3623 м³/га) було зафіксовано у 2023 році за умов оптимального водозабезпечення, тоді як у 2024 році, з найменшою кількістю опадів (1474 м³/га), рослини продемонстрували найбільшу водоекономічність з мінімальними коефіцієнтами водоспоживання (363–577 м³/т). Сортіві особливості також відіграють важливу роль: сорт Маркіз характеризується найвищою абсолютною потребою у воді, але водночас і найнижчим коефіцієнтом водоспоживання при сприятливих умовах живлення, сорт Національний виявив стабільність та універсальність при середньому рівні водоспоживання, особливо ефективним є його поєднання з Biochar Aktive + Граундфікс®, а сорт Водограй, будучи найекономнішим у споживанні вологи, демонструє кращі показники при комбінованому живленні. Важливим є вплив агрофонів, адже контрольні варіанти завжди мали найвищі значення коефіцієнту водоспоживання, що підкреслює важливість агротехнічної підтримки для ефективного використання вологи. Застосування Граундфікс® знижує коефіцієнт водоспоживання на 10–15%, Biochar Aktive — на 20–30% порівняно з контролем, а комбінація Biochar Aktive + Граундфікс® виявилася найбільш ефективною. З віком рослин спостерігається підвищення ефективності використання вологи, з найнижчими коефіцієнтом водоспоживання на третій рік

життя, що обґрунтовує вирощування гісопу як багаторічної культури, особливо в умовах кліматичних ризиків.

4.4 Урожайність зеленої маси гісопу лікарського залежно від сортових особливостей та біологічно активних препаратів

Показник урожайності зеленої маси є важливим критерієм оцінки продуктивності гісопу лікарського. Він відображає ефективність використання рослиною ресурсів для нарощування вегетативної маси, яка містить цінні біологічно активні сполуки. В свою чергу урожайність зеленої маси за вегетаційний період культури (т/га), є ключовим показником, що відображає продуктивність насаджень та визначає економічну доцільність культивування гісопу лікарського [21, 22, 23].

Аналіз отриманих даних таблиці 4.11 свідчить, що врожайність зеленої маси гісопу лікарського першого року життя значною мірою залежить від сортових особливостей.

Таблиця 4.11

Урожайність зеленої маси гісопу лікарського першого року життя залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів ($\bar{x} \pm SE$, n = 6)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Урожайність зеленої маси, г/рослину		Урожайність зеленої маси за вегетацію	
		Перше скошування	Друге скошування	г / рослину	т/га
1	2	3	4	5	6
2022 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	199,5±11,8 ^a	120,6±6,3 ^a	320,1±16,1 ^a	3,05±0,15 ^a
	Граундфікс®	236,8±11,9 ^b	145,2±7,6 ^b	382,0±19,1 ^b	3,64±0,18 ^b
	Biochar Aktive	223,7±12,2 ^b	135,4±6,7 ^a	359,1±17,6 ^a	3,42±0,17 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	286,8±15,1 ^b	194,3±9,2 ^b	481,1±24,3 ^b	4,58±0,23 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	201,0±10,5 ^a	124,7±6,4 ^a	325,7±16,9 ^a	3,10±0,16 ^a

Продовження таблиці 4.11

1	2	3	4	5	6
	Граундфікс®	227,2±11,4 ^a	152,1±7,6 ^б	379,3±18,6 ^б	3,61±0,18 ^б
	Biochar Aktive	204,5±10,3 ^a	129,5±6,8 ^a	334,0±16,7 ^a	3,18±0,16 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	235,3±11,8 ^б	156,9±7,5 ^б	392,2±19,1 ^б	3,73±0,19 ^б
Водограй	Контроль (без внесення)	164,6±8,4 ^a	108,4±5,4 ^a	273,0±13,5 ^a	2,60±0,13 ^a
	Граундфікс®	188,7±9,5 ^б	122,4±6,2 ^a	311,1±15,6 ^б	2,96±0,15 ^б
	Biochar Aktive	190,3±9,5 ^б	126,7±6,3 ^a	317,0±15,7 ^б	3,02±0,15 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	221,4±11,7 ^б	147,6±7,3 ^б	369,0±18,4 ^б	3,51±0,18 ^б
2023 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	205,2±10,6 ^a	136,8±6,8 ^a	342,0±17,1 ^a	3,26±0,16 ^a
	Граундфікс®	245,1±12,2 ^б	163,4±8,7 ^б	408,5±20,3 ^б	3,89±0,19 ^б
	Biochar Aktive	229,7±11,4 ^a	153,1±7,6 ^a	382,8±19,4 ^б	3,65±0,18 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	295,4±14,7 ^б	196,9±9,5 ^б	492,3±24,2 ^б	4,69±0,23 ^б
Національний	Контроль (без внесення)	203,6±10,1 ^a	135,7±6,9 ^a	339,3±16,6 ^a	3,23±0,16 ^a
	Граундфікс®	230,5±11,5 ^б	153,7±7,8 ^б	384,2±19,1 ^б	3,67±0,18 ^б
	Biochar Aktive	215,8±10,7 ^a	143,9±7,2 ^a	359,7±17,9 ^a	3,43±0,17 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	248,3±12,4 ^б	165,5±8,2 ^б	413,8±20,6 ^б	3,94±0,20 ^б
Водограй	Контроль (без внесення)	171,2±8,5 ^a	114,1±5,1 ^a	285,3±14,7 ^a	2,72±0,14 ^a
	Граундфікс®	191,7±9,8	127,8±6,3	319,5±15,8	3,04±0,15
	Biochar Aktive	196,9±9,5	131,3±6,7	328,2±16,4	3,13±0,16
	Biochar Aktive + Граундфікс®	231,5±11,7	154,3±7,7	385,8±19,9	3,67±0,18
2024 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	187,1±9,3 ^a	124,7±6,4 ^a	311,8±15,5 ^a	2,97±0,15 ^a
	Граундфікс®	210,6±10,5 ^б	140,4±7,2 ^б	351,0±17,5 ^б	3,34±0,17 ^б

Продовження таблиці 4.11

1	2	3	4	5	6
	Biochar Aktive	215,3±10,8 ^b	143,5±7,8 ^b	358,8±17,4 ^b	3,42±0,17 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	263,4±13,7 ^b	175,6±8,6 ^b	439,0±21,9 ^b	4,18±0,21 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	194,1±9,1 ^a	129,4±6,7 ^a	398,7±19,4 ^a	3,08±0,15 ^a
	Граундфікс®	208,3±10,4 ^a	138,9±6,9 ^a	347,2±17,6 ^b	3,31±0,17 ^b
	Biochar Aktive	224,7±11,2 ^b	149,8±7,3 ^b	374,5±18,3 ^b	3,57±0,18 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	239,2±11,5 ^b	159,5±7,9 ^b	398,7±19,4 ^b	3,80±0,19 ^b
Водограй	Контроль (без внесення)	160,5±8,3 ^a	107,4±5,7 ^a	267,9±13,9 ^a	2,55±0,13 ^a
	Граундфікс®	175,3±8,7 ^a	116,9±5,5 ^a	292,2±14,1 ^a	2,78±0,14 ^a
	Biochar Aktive	189,6±9,4 ^b	125,3±6,7 ^b	314,9±15,7 ^b	3,0±0,15 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	205,1±10,6 ^b	136,7±6,8 ^b	341,8±17,9 ^b	3,25±0,16 ^b

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Так, найвищу врожайність продемонстрував сорт Маркіз у всі роки досліджень, незалежно від внесення біологічно активних препаратів. У середньому, врожайність зеленої маси цього сорту становила від 3,05 т/га (контроль) до 4,85 т/га (Biochar Aktive + Граундфікс®) у 2022 році, а у 2023 та 2024 роках ці показники коливалися в межах 2,97–4,69 т/га. В свою чергу сорт Національний мав середні показники врожайності, які були дещо нижчими за Маркіз, але вищими за Водограй. Максимальна врожайність зеленої маси становила 3,94 т/га (2023 рік, Biochar Aktive + Граундфікс®). Найнижчі

показники врожайності спостерігалися у сорту Водограй. У контрольних варіантах урожайність становила 2,55–2,72 т/га, а при внесенні комплексного удобрення Biochar Aktive + Граундфікс® – 3,51–3,67 т/га.

Внесення біопрепарату та органо-мінерального добрива позитивно впливало на продуктивність зеленої маси у всіх досліджуваних сортів. Застосування Граундфікс® покращувало врожайність у середньому на 15-20% порівняно з контролем. Наприклад, у сорту Маркіз у 2023 році врожайність зросла з 3,26 т/га (контроль) до 3,89 т/га (Граундфікс®). Внесення Biochar Aktive також сприяло підвищенню продуктивності, але ефект був дещо слабшим порівняно з Граундфікс®. Врожайність у середньому зростала на 10-15% у порівнянні з контрольними варіантами.

Найвищі результати отримані при поєднанні Граундфікс® та Biochar Aktive, що забезпечило максимальну врожайність зеленої маси. У 2023 році у сорту Маркіз цей варіант забезпечив 4,85 т/га, що на 49% вище від контролю (3,26 т/га).

2023 рік характеризується, як вологозабезпечений, що дозволило рослинам гісопу лікарського сформувати значно вищий врожай у порівнянні з посушливими 2022 та 2024 роками (рис. 4.2).

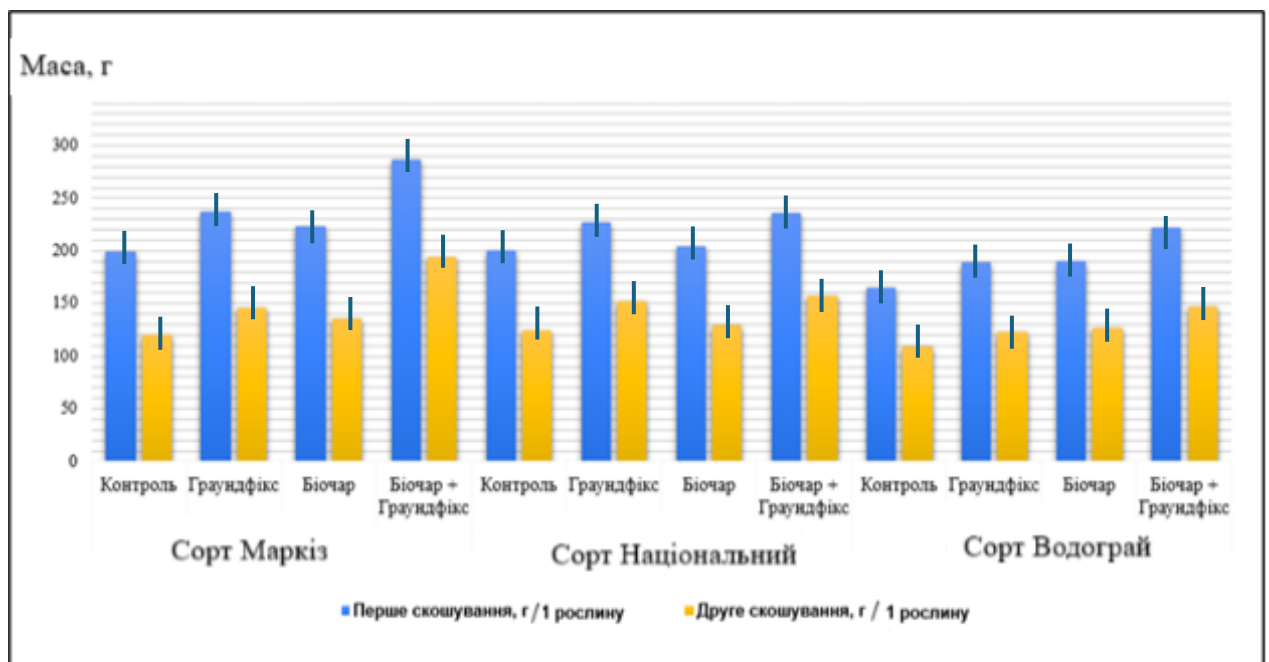


Рис. 4.2 Динаміка середньої ваги однієї рослини першого року життя в залежності від досліджуваних факторів, середнє за 2022-2024 рр.

Внесення Biochar Aktive та Граундфікс® у всіх варіантах показало максимальний ефект у підвищенні продуктивності. Найменш чутливим до змін внесення біопрепаратів був сорт Водограй, тоді як Маркіз мав найвищий потенціал реагування на комбіноване внесення біологічно активних препаратів.

Дослідження врожайності зеленої маси гісопу лікарського другого року життя показує значний вплив сортових особливостей на продуктивність рослин (табл. 4.12).

Таблиця 4.12

Урожайність зеленої маси гісопу лікарського другого року життя залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів
($\bar{x} \pm SE, n = 6$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Урожайність зеленої маси, г/рослину		Урожайність зеленої маси за вегетацію	
		Перше скошування	Друге скошування	г / рослину	т/га
1	2	3	4	5	6
2023 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	250,5±13,1 ^a	167,0±9,4 ^a	417,5±16,5 ^a	3,98 ± 0,19 ^a
	Граундфікс®	320,0±15,5 ^b	215,6±14,4 ^b	535,6±17,9 ^b	5,1 ± 0,25 ^b
	Biochar Aktive	365,4±12,5 ^b	243,6±15,0 ^b	609,0±15,4 ^b	5,8 ± 0,22 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	416,9±14,5 ^г	276,9±15,7 ^b	693,8±18,2 ^г	6,61 ± 0,31 ^г
Національний	Контроль (без внесення)	224,2±14,6 ^a	149,5±8,1 ^a	373,7±15,6 ^a	3,56 ± 0,11 ^a
	Граундфікс®	245,6±15,0 ^a	162,7±9,3 ^a	408,3±14,3 ^b	3,89 ± 0,12 ^b
	Biochar Aktive	315,8±16,4 ^b	210,5±11,3 ^b	526,3±16,7 ^b	5,01 ± 0,25 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	385,7±17,9 ^b	257,1±12,2 ^b	642,8±19,1 ^г	6,12 ± 0,35 ^г
Водограй	Контроль (без внесення)	215,8±12,4 ^a	143,9±8,9 ^a	359,7±14,3 ^a	3,43 ± 0,18 ^a
	Граундфікс®	267,2±13,5 ^b	178,1±9,6 ^b	445,3±16,1 ^b	4,24 ± 0,20 ^b
	Biochar Aktive	289,1±15,9 ^b	191,7±9,9 ^b	480,8±15,8 ^b	4,58 ± 0,29 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	312,7±16,4 ^b	210,4±12,3 ^b	523,1±17,7 ^г	4,98 ± 0,28 ^b
2024 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	198,6±12,1 ^a	132,4±8,7 ^a	331,0±15,8 ^a	3,15 ± 0,17 ^a
	Граундфікс®	225,3±13,6 ^a	153,6±9,1 ^b	378,9±17,7 ^b	3,61 ± 0,15 ^b

Продовження таблиці 4.12

1	2	3	4	5	6
	Biochar Aktive	257,9±15,3 ^б	171,9±10,5 ^б	429,8±16,8 ^б	4,09 ± 0,19 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	305,4±16,2 ^б	203,8±12,2 ^б	509,2±18,4 ^г	4,85 ± 0,24 ^г
Національний	Контроль (без внесення)	201,5±14,1 ^а	134,3±8,7 ^а	335,8±13,9 ^а	3,20 ± 0,13 ^а
	Граундфікс®	215,8±14,4 ^а	143,9±9,9 ^а	359,7±15,3 ^а	3,43 ± 0,17 ^а
	Biochar Aktive	235,7±15,8 ^б	157,1±11,2 ^б	392,8±14,8 ^б	3,74 ± 0,18 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	285,9±16,8 ^б	190,6±13,9 ^б	476,5±17,7 ^б	4,54 ± 0,23 ^б
Водограй	Контроль (без внесення)	178,4±6,6 ^а	118,9±9,4 ^а	297,3±14,1 ^а	2,83 ± 0,11 ^а
	Граундфікс®	192,6±8,9 ^а	128,4±11,6 ^а	321,0±13,6 ^а	3,06 ± 0,16 ^а
	Biochar Aktive	216,2±13,4 ^б	144,5±12,9 ^б	360,7±15,4 ^б	3,43 ± 0,18 ^б
	Biochar Aktive + Граундфікс®	254,9±15,2 ^б	165,4±13,4 ^б	420,3±18,6 ^б	4,00 ± 0,21 ^б

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Сорт Маркіз мав найвищу продуктивність у всіх варіантах дослідження. У 2023 році врожайність цього сорту коливалася від 3,98 т/га (контроль) до 6,61 т/га (Biochar Aktive + Граундфікс®), що підтверджує його високий потенціал продуктивності. У 2024 році врожайність була дещо нижчою (від 3,15 т/га до 4,85 т/га), що пов'язано значною посухою.

Сорт Національний показав середню продуктивність, поступаючись сорту Маркіз, але перевершуючи сорт Водограй. У 2023 році врожайність варіювала від 3,56 т/га (контроль) до 6,12 т/га (Biochar Aktive + Граундфікс®), а в 2024 році – від 3,2 т/га до 4,54 т/га. Сорт Водограй мав найнижчі показники врожайності у порівнянні з іншими сортами. У 2023 році його врожайність коливалася від 3,43 т/га до 4,98 т/га, а в 2024 році – від 2,83 т/га до 4,0 т/га.

Застосування біологічно активних препаратів позитивно впливало на врожайність у всіх сортах, підтверджуючи ефективність внесення на підвищення продуктивності гісопу лікарського другого року життя. Контрольні варіанти без внесення біопрепаратів мали найнижчі показники врожайності. Наприклад, у 2023 році сорт Маркіз у контрольному варіанті мав урожайність 3,98 т/га, а в

2024 році – 3,15 т/га. Внесення Граундфікс® сприяло збільшенню урожайності на 15-25%. У 2023 році цей варіант підвищив урожайність сорту Маркіз до 5,1 т/га, а в 2024 році – до 3,61 т/га. Внесення Biochar Aktive забезпечило ще вищу продуктивність – у 2023 році у сорту Маркіз урожайність зросла до 5,8 т/га, що на 45% більше від контролю, а в 2024 році – до 4,09 т/га. Максимальна врожайність спостерігалася при поєднанні Biochar Aktive та Граундфікс®. Цей варіант дав 6,61 т/га у 2023 році для сорту Маркіз і 4,85 т/га у 2024 році.

Отже, другий рік життя гісопу лікарського характеризувався вищою врожайністю порівняно з першим роком. Це пояснюється краще розвиненою кореневою системою та здатністю рослин більш ефективно використовувати вологу та елементи живлення.

Сортові особливості значно впливали на продуктивність – найвищу врожайність продемонстрував сорт Маркіз, тоді як Водограй мав найнижчі показники.

Внесення біологічно активних препаратів позитивно впливало на врожайність, особливо при застосуванні комбінованого внесення (Biochar Aktive + Граундфікс®), що підвищувало врожайність до 6,61 т/га у 2023 році.

Врожайність у 2024 році була нижчою, ніж у 2023 році, що пов'язано з різною кількістю опадів за рік.

Вивчення врожайності третього року життя гісопу лікарського підтверджує динаміку впливу сортових особливостей на продуктивність зеленої маси (табл. 4.13).

Сорт Маркіз продемонстрував найвищу врожайність у всіх варіантах обробки. У контрольному варіанті врожайність цього сорту склала 3,65 т/га, а за комбінованого внесення (Biochar Aktive + Граундфікс®) – 5,69 т/га. Це свідчить про високу продуктивність сорту навіть за несприятливих умов. Сорт Національний мав середню продуктивність – врожайність варіювалась від 3,58 т/га (контроль) до 4,93 т/га (Biochar Aktive + Граундфікс®), що вказує на стабільний розвиток сорту за різних агротехнічних заходів. Сорт Водограй продемонстрував найнижчі показники врожайності, що пов'язано з його меншою

здатністю до інтенсивного нарощування зеленої маси. Врожайність варіювалась від 3,2 т/га (контроль) до 4,74 т/га (Biochar Aktive + Граундфікс®).

Таблиця 4.13

Урожайність зеленої маси гісопу лікарського третього року життя залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів
($\bar{x} \pm SE$, n = 6)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Урожайність зеленої маси, г/рослину		Урожайність зеленої маси за вегетацію	
		Перше скошування	Друге скошування	г / рослину	т/га
2024 рік					
Маркіз	Контроль (без внесення)	230,0±11,7 ^а	153,3±8,1 ^а	383,3±15,8 ^а	3,65±0,17 ^а
	Граундфікс®	256,7±11,2 ^о	171,1±9,5 ^а	427,8±16,7 ^о	4,07±0,21 ^а
	Biochar Aktive	294,1±13,0 ^в	196,1±12,0 ^о	490,2±16,0 ^в	4,67±0,29 ^о
	Biochar Aktive + Граундфікс®	358,4±14,3 ^г	239,6±13,9 ^б	598,0±17,2 ^г	5,69±0,35 ^в
Національний	Контроль (без внесення)	225,8±11,6 ^а	150,5±8,5 ^а	376,3±14,7 ^а	3,58±0,16 ^а
	Граундфікс®	232,1±12,7 ^а	154,7±8,7 ^а	386,8±14,9 ^а	3,68±0,17 ^а
	Biochar Aktive	267,3±12,5 ^а	178,2±9,6 ^о	445,5±15,1 ^о	4,24±0,19 ^о
	Biochar Aktive + Граундфікс®	310,4±15,3 ^б	206,9±10,2 ^в	517,3±17,6 ^в	4,93±0,21 ^в
Водограй	Контроль (без внесення)	201,9±10,1 ^а	134,6±7,7 ^а	336,5±13,9 ^а	3,20±0,15 ^а
	Граундфікс®	228,5±11,7 ^а	152,3±8,1 ^а	380,8±14,8 ^о	3,63±0,16 ^о
	Biochar Aktive	263,9±12,4 ^о	175,9±8,6 ^о	439,8±15,0 ^в	4,20±0,18 ^в
	Biochar Aktive + Граундфікс®	298,6±13,1 ^б	199,1±9,1 ^б	497,7±15,4 ^г	4,74±0,29 ^г

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Таким чином, сорт Маркіз залишається найпродуктивнішим серед трьох досліджуваних сортів, тоді як Водограй показує значно нижчі результати врожайності (рис. 4.3).

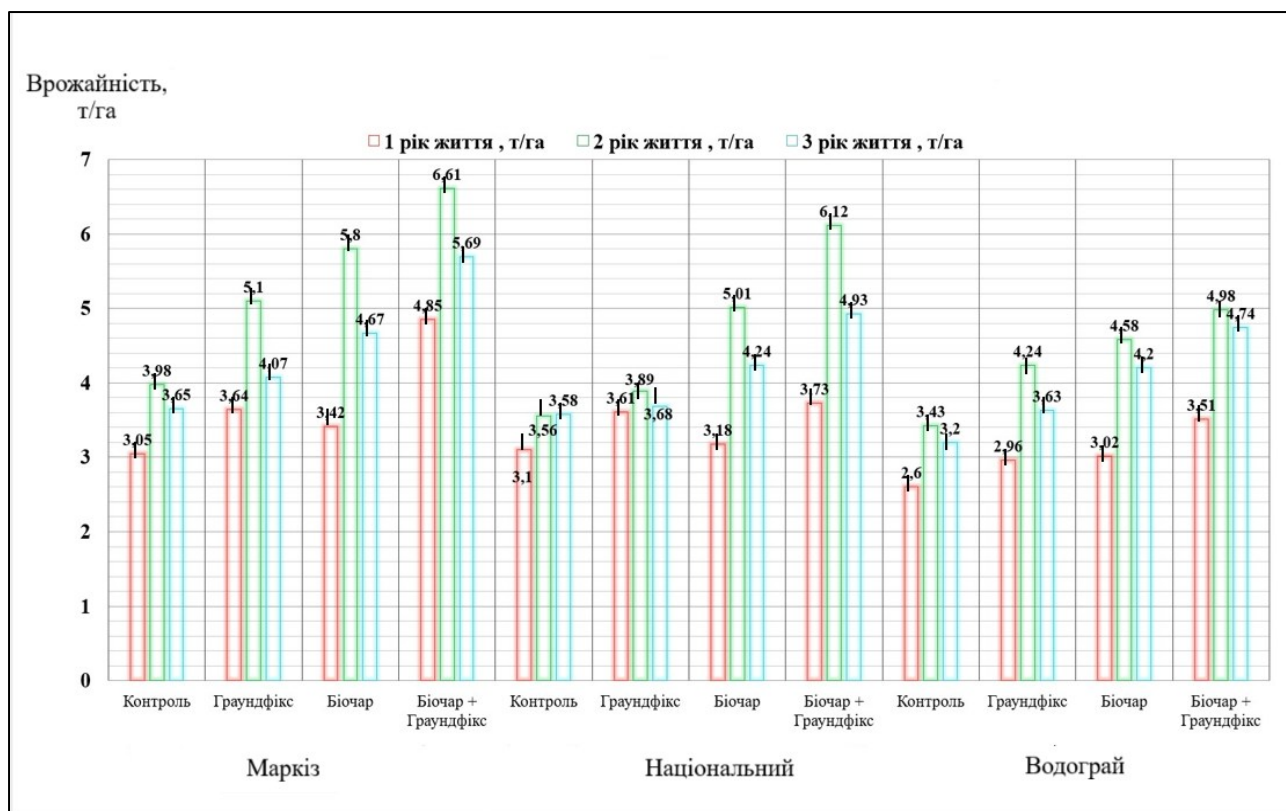


Рис. 4.3 Врожайність гісопу лікарського залежно від досліджуваних факторів, середнє за 2022-2024 рр.

Аналіз результатів дослідження вказує на те, що застосування біологічно активних препаратів, зокрема Biochar Aktive та Граундфікс®, позитивно впливає на врожайність зеленої маси гісопу лікарського, демонструючи ефективність незалежно від сорту. Найбільш виразний ефект спостерігається при комбінованому внесенні Biochar Aktive + Граундфікс, що підтверджується статистично значущим збільшенням врожайності у всіх досліджуваних сортах порівняно з контрольними зразками. Зокрема, сорт Маркіз продемонстрував найвищі показники врожайності, досягнувши 6,61 т/га на другий рік після застосування комбінації Biochar Aktive + Граундфікс, тоді як для сорту

Національний аналогічна комбінація забезпечила врожайність 6,12 т/га. Сорт Водограй, хоча й продемонстрував нижчі абсолютні значення врожайності порівняно з іншими сортами, також показав максимальний результат (4,98 т/га) при застосуванні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс. Отже, можна зазначити, що використання біологічно активних препаратів, особливо в

комбінованому варіанті, є перспективним агротехнічним заходом для підвищення продуктивності гісопу лікарського.

Висновки з розділу 4

1. Фенологічний розвиток гісопу лікарського характеризується значною варіативністю, обумовленою погодними умовами конкретного року, віком рослин та їх сортовими особливостями. Сорт Маркіз другого та третього років життя відзначається найтривалішим вегетаційним періодом (до 222 – 240 днів), що пов'язано з його інтенсивною здатністю до формування вегетативної маси та генеративних органів. Водночас, молоді рослини гісопу характеризуються швидшим проходженням фенофаз, але є більш вразливими до весняної посухи. Натомість, рослини III року життя виявили кращу адаптацію до екстремальних погодних умов (як, наприклад, у 2024 році) завдяки розвиненій системі сплячих бруньок і потужному куццю.
2. Морфометричні показники рослин, такі як висота, гілкування та кількість суцвіть, виявились залежними як від генотипу, так і від застосованої системи живлення. Найвищі значення зафіксовано при використанні комбінації Biochar Aktive + Граундфікс®. Зокрема, у 2024 році сорт Маркіз продемонстрував високі результати: висота рослин сягнула 64,4 см, формувались 21 гілка першого порядку, 51 – другого та 29 суцвіть. Важливо відзначити суттєве збільшення висоти рослин з кожним роком життя – від 30–40 см (I рік) до 60–64 см (III рік), що свідчить про нарощування їх продуктивного потенціалу з віком. Аналіз реакції різних сортів на внесення біопрепаратів показав, що Маркіз відрізняється найвищою чутливістю до біологічно активних препаратів, демонструючи оптимальну реакцію на комбіноване внесення, Національний проявив стабільність та адаптивність, а Водограй – хорошу реакцію на біологічну підтримку, незважаючи на меншу початкову біомасу.
3. Сумарне водоспоживання та ефективність використання вологи демонстрували чіткі відмінності залежно від сорту, року дослідження та

агротехнічного фону. Сорт Маркіз характеризувався найбільшими витратами води, але водночас показав найнижчий коефіцієнт водоспоживання (до 432 м³/т) за умови внесення біологічно активних препаратів, що підкреслює його водоекономічність при дотриманні оптимальної агротехніки. Сорт Водограй виявився найбільш економним щодо споживання води в контрольних умовах, однак потребує додаткової біологічної підтримки для повної реалізації свого потенціалу. Найбільш ефективно використання вологи спостерігалось на третій рік вирощування рослин на фоні застосування Biochar Aktive + Граундфікс®, що вказує на поступове покращення фізіологічних механізмів водоспоживання з віком культури.

4. Врожайність зеленої маси гісопу лікарського значною мірою залежить від року вирощування, сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів. Найбільш продуктивними є другий і третій роки вегетації, коли рослини формують потужну кореневу систему та максимальну вегетативну масу. Серед досліджуваних сортів найвищу врожайність продемонстрував сорт Маркіз – 6,61 т/га, що перевищує інші за показниками на 0,7–1,5 т/га, забезпечуючи збільшення врожаю зеленої маси до 45–49 % порівняно з контролем. Сорт Національний вирізнявся доброю адаптивністю й стабільністю урожаю (до 6,12 т/га), але виявив меншу реакцію на внесення біопрепаратів. Сорт Водограй характеризувався нижчою врожайністю, однак продемонстрував виражене зростання продуктивності за умов комплексного застосування Biochar Aktive + Граундфікс®, що підтверджує ефективність внесення біологічно активних препаратів в умовах обмеженого зволоження. Застосування комбінованого внесення біопрепаратів забезпечило стабільне підвищення врожайності до 49 % навіть у посушливий 2024 рік.

Список використаних джерел до розділу до розділу 4

1. Гнатюк Н. О. Розподіл біогенних елементів у ґрунті під час вирощування ароматичних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.8. С. 111–119. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_8/21.pdf
- 2.
3. Добровольський П. А. Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 120. С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.5>
4. Коваленко О. А. Елементи живлення гісопу лікарського за краплинного зрошення на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2022. №. 14. Р. 51–59. DOI : <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.8>
- 5.
6. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В. Як вирощувати нову пряно-ароматичну культуру гісоп лікарський у південній частині Степу України. *The Ukrainian FARMER*. 2019. № 2 (110). С. 122-123. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.5>
7. Коваленко О., Абрамова В., Андрійченко Л. Продуктивності гісопу лікарського за умов краплинного зрошення в південному в степу України. Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво : матеріали міжнар. наук.-практ. конфю, (м. Миколаїв, 17-19 жовтня 2018 р.). Миколаїв : МНАУ, 2018. С. 7-9. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/9054>
8. Коваленко О.А. Елементи живлення гісопу лікарського за краплинного зрошення на Півдні України. : Аграрні інновації № 14 (2022). <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.8>
9. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні (ПСП) / Держ. ветеринар. та фітосанітар. служба України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин ; [уклад.: Києнко З. Б. та ін.]. Вінниця : Нілан, 2015. 128 с.
10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні / за

ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 129 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e660408703.pdf>

11. Режими і способи зрошення / М. І. Ромащенко та ін.. Аграрна наука. 2009. С.313–350.

12. Рекомендації з оперативного контролю та управління режимом зрошення сільськогосподарських культур із застосуванням тензіометричного методу / М. І. Ромащенко та ін. Київ : ІВПіМ НААН, 2020. 71 с.

13. Ткачова Є.С., Федорчук М.І. Перспективи використання рослини гісопу лікарського. - Інноваційні технології в рослинництві і Всеукраїнська наукова інтернет-конференція (15липня 2020 р.), 2020, с. 118-120

14. Фокін А. Біологічний захист лікарських культур. *Пропозиція*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/biologichniy-zahist-likarskih-kultur>

15. Effect of biochar on heavy metal immobilization and uptake by lettuce (*Lactuca sativa* L.) in agricultural soil / H. S. Kim, K. R. Kim, H. J. Kim et al. *Environmental Earth Sciences*. 2015. Vol. 74. P. 1249–1259. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4116-1>

16. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility / L. Van Zwieten, S. Kimber, S. Morris et al. *Plant and Soil*. 2010. Vol. 327. P. 235–246. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0050-x>

17. Groundfix – ґрунтове біодобриво для покращення мікробіологічних процесів в ґрунті та підвищення врожайності культур. *AgroONE*. 2019, 13 вересня. URL: <https://www.agroone.info/publication/graundfiks-gruntove-biodobrivno-dlja-pokrashhennja-mikrobiologichnih-procesiv-v-grunti-ta-pidvishhennja-vrozhajnosti-kultur/>

18. Judžentienė A. Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) Oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. 2016. P. 471–479. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00053-5>

19. Kazazi H., Rezaei K., Ghotb-Sharif S.J., Emam- Djomeh Z., Yamini Y. Supercritical fluid extraction of flavors and fragrances from *Hyssopus officinalis* L. cultivated in Iran. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 105(2). P. 805-811.

20. Kizil S., Güler V., Kirici S., Turk M. Some agronomic characteristics and essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under cultivation conditions. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. 2016. Vol. 15(6). P. 193–207. ISSN 1644-0692
21. Kovalenko O. A., Andreichenko L. V., Polyansky S. V. Influence of sowing dates, Irrigation regimes and mineral Fertilizers on the Productivity of Common Hyssop. *Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Cambridge, May 20, 2022. Cambridge-Vinnytsia: P.C. Publishing House & European Scientific Platform, 2022. P.110-115. DOI <https://doi.org/10.36074/logos-20.05.2022.034>.*
22. Paraskevopoulou A., Panagiotis T., Londra A.P., Kamoutsis A.P. The Effect of Irrigation Treatment on the Growth of Lavender Species in an Extensive Green Roof System. *Water*. 2020. № 12. P.1-18.
23. Saebi A., Minaei S., Mahdavian A. R., Ebadi M.-T. Quantity and quality of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) affected by precision harvesting. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.298266.346>.
24. Saebi A., Minaei S., Mahdavian A. R., Ebadi M.-T. Quantity and quality of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) affected by precision harvesting. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.298266.346>.
25. Salachna, P. Depolymerised Sodium Alginate as a Eco-Friendly Biostimulant for Improving Herb Yield and Nutrient Accumulation in Hyssop. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24(9). P. 105-111. <https://doi.org/10.12911/22998993/168553>
26. Schnelle F., *Pflanzen-Phänologie. Probleme der Bioklimatologie*. Vol. 3. Akademische Verlagsgesellschaft, 1955, 299 p.
27. Stan C., Vlăduțoiu L., Vlăduț V.N., Muscalu A. Harvest and quality of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Actual Tasks on Agricultural Engineering: proceedings*

of the 47th International Symposium, 5-7 March 2019. Opatija, Croatia: University of Zagreb, Faculty of Agriculture, 2019. P. 315-321.

28. Tkachova Ye. S., Fedorchuk M. I., Kovalenko O. A. Allelopathic activity of water-soluble biologically active substances *Hyssopus officinalis* L. Marquis varieties and their effect on the root growth of *Lepidium sativum* L. Journal of Organic and Pharmaceutical Chemistry. Vol. 19. No. 5(77) (2022). C. 44-50. URL: <https://doi.org/10.24959/ophcj.22.253471>.

29. Wesolowska A., Jadczyk D., Grzeszczuk M. Essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in north-western Poland. Herba Polonica. 2010. Vol. 56 (1). P. 57-65.

РОЗДІЛ 5

ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВРОЖАЮ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО ТА РОЗРАХУНКОВИЙ ВИХІД ЕФІРНОЇ ОЛІЇ

5.1 Накопичення ефірної олії у зеленій масі гісопу лікарського залежно від сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів

Головною метою культивування гісопу лікарського в промислових масштабах є отримання ефірної олії, що синтезується у всіх надземних частинах рослини, зокрема в листках, пагонах та суцвіттях. До основних ознак, які визначають господарську цінність цієї культури, належать вміст ефірної олії у фітомасі та якісний профіль летких сполук. Слід підкреслити, що обсяг ефірної олії не завжди перебуває у прямій кореляції з рівнем загальної продуктивності рослин, оскільки на процес її синтезу суттєво впливають еколого-фізіологічні чинники, серед яких ґрунтова та атмосферна вологість, інтенсивність інсоляції, фітосанітарний стан насаджень, а також фенологічна фаза розвитку рослин на момент збирання сировини [4, 6].

Найбільша концентрація ефірної олії в гісопі лікарському досягається за сукупності певних агротехнічних умов. Зокрема, оптимальним періодом для збору сировини є фаза повного цвітіння рослини, коли вміст цінних сполук є найвищим. Важливим фактором є забезпечення помірною, але достатнього зрошення, що в поєднанні з інтенсивним сонячним освітленням сприяє активному синтезу та накопиченню ефірних олій. Раціональне застосування фосфорно-калійних добрив також відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності рослин та покращенні якісного складу сировини. Крім того, вирощування гісопу лікарського на добре структурованих ґрунтах зі слаболужною реакцією забезпечує оптимальні умови для розвитку кореневої системи та засвоєння поживних речовин, що позитивно впливає на вміст ефірної олії [7, 9].

Результати дослідження виявили суттєвий вплив внесення біологічно активних препаратів на вміст ефірної олії (масову частку ефірної олії у зеленій

масі) досліджуваних сортів (Маркіз, Національний, Водограй) (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Умовний збір ефірної олії рослин гісопу лікарського першого року використання залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2022 рік ($x \pm SE$, $n = 4$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Перше скошування		Друге скошування		Умовний валовий збір ефірної олії, л/га
		Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Збір ефірної олії, мл на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Збір ефірної олії, мл на 1 рослину	
Маркіз	Контроль (без внесення)	0,79±0,06 ^a	1,57±0,11 ^a	0,78±0,05 ^a	0,94±0,07 ^a	24,21±1,69 ^a
	Граундфікс®	0,90±0,07 ^a	2,12±0,15 ^b	0,90±0,06 ^b	1,30±0,09 ^b	33,00±2,31 ^b
	Biochar Aktive	0,80±0,06 ^a	1,80±0,13 ^a	0,82±0,06 ^a	1,11±0,08 ^b	28,08±1,97 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,99±0,07 ^b	2,82±0,20 ^b	0,98±0,07 ^b	1,90±0,13 ^b	45,65±3,20 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	0,62±0,04 ^a	1,24±0,09 ^a	0,63±0,04 ^a	0,79±0,06 ^a	19,51±1,37 ^a
	Граундфікс®	0,71±0,05 ^a	1,60±0,11 ^b	0,69±0,05 ^a	1,05±0,07 ^b	25,59±1,79 ^b
	Biochar Aktive	0,63±0,04 ^a	1,29±0,09 ^a	0,63±0,04 ^a	0,82±0,06 ^a	20,34±1,42 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,89±0,06 ^b	2,08±0,15 ^b	0,84±0,06 ^b	1,32±0,09 ^b	32,82±2,30 ^b
Водограй	Контроль (без внесення)	0,63±0,04 ^a	1,04±0,07 ^a	0,62±0,04 ^a	0,67±0,05 ^a	16,48±1,15 ^a
	Граундфікс®	0,86±0,06 ^b	1,61±0,11 ^b	0,85±0,06 ^b	1,04±0,07 ^b	25,61±1,79 ^b
	Biochar Aktive	0,80±0,06 ^b	1,52±0,11 ^b	0,79±0,06 ^b	1,00±0,07 ^b	24,30±1,70 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,99±0,08 ^b	2,18±0,15 ^b	0,97±0,07 ^b	1,43±0,10 ^b	34,89±2,44 ^b
Середнє по сортам	Контроль (без внесення)	0,68±0,05 ^a	1,28±0,09 ^a	0,68±0,05 ^a	0,80±0,06 ^a	20,07±1,40 ^a
	Граундфікс®	0,82±0,06 ^b	1,78±0,12 ^b	0,81±0,06 ^b	1,13±0,08 ^b	28,07±1,96 ^b
	Biochar Aktive	0,74±0,05 ^b	1,54±0,11 ^b	0,75±0,05 ^b	0,98±0,07 ^b	24,24±1,70 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,95±0,07 ^b	2,36±0,17 ^b	0,93±0,07 ^b	1,55±0,11 ^b	37,78±2,64 ^b

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

У всіх сортах простежувалась чітка тенденція до збільшення масової частки ефірної олії при застосуванні біологічно активних препаратів, причому найбільш виражений ефект спостерігається у варіанті з використанням комбінації Biochar Aktive та Граундфікс®. Максимальні значення масової частки ефірної олії досягали 0,99% та 0,98% у сорту Маркіз при першому та другому скошуваннях відповідно, 0,89% та 0,84% у сорту Національний, та 0,99% та 0,97% у сорту Водограй. На противагу цьому, мінімальні значення у всіх сортів були зафіксовані на контрольних ділянках (в межах 0,62–0,79%), що переконливо свідчить про критичну важливість внесення біологічно активних препаратів для стимулювання синтезу ефірних олій. Аналогічна позитивна динаміка спостерігалась і у зборі ефірної олії з однієї рослини, де використання біологічно активних препаратів призводило до істотного збільшення об'єму зібраної олії, у деяких випадках вдвічі-тричі порівняно з контролем. Щодо валового збору ефірної олії з гектара, то найвищі показники були зафіксовані у сорту Маркіз (45,65 л/га) та Водограй (34,89 л/га) при використанні Biochar + Граундфікс®, тоді як середній показник по сортах на контрольних ділянках становив лише 20,07 л/га. Загалом, застосування Biochar + Граундфікс® підвищувало умовно валовий збір ефірної олії в середньому на 88% порівняно з контролем.

Найвищі показники вмісту ефірної олії та умовного валового збору ефірної олії у перший рік життя рослин гісопу лікарського спостерігалися при комплексному застосуванні препаратів Biochar Aktive та Граундфікс®, що свідчить про їхній синергічний ефект при вирощуванні гісопу лікарського. Сорт Маркіз продемонстрував найбільший потенціал продуктивності за всіма досліджуваними показниками, особливо в умовах оптимізованого внесення біологічно активних препаратів. Загалом, використання біопрепаратів позитивно впливає як на якісні (вміст ефірної олії), так і на кількісні (умовний валовий збір) характеристики ефіроолій продукції, отриманої з посівів гісопу лікарського.

У другий рік вирощування гісопу лікарського відзначається стійка тенденція до підвищення вмісту ефірної олії при застосуванні біологічно

активних препаратів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

**Умовний збір ефірної олії рослин гісопу лікарського другого року
використання залежно від внесення біологічно активних препаратів,
2023 рік ($x \pm SE$, $n = 4$)**

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Перше скошування		Друге скошування,		Умовний валовий збір ефірної олії, л/га
		Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Збір ефірної олії, мл на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Збір ефірної олії, мл на 1 рослину	
Маркіз	Контроль (без внесення)	0,67±0,05 ^a	2,09±0,15 ^a	0,65±0,04 ^a	1,73±0,12 ^a	36,91±2,58 ^a
	Граундфікс®	0,69±0,04 ^a	1,97±0,14 ^a	0,69±0,05 ^a	1,58±0,11 ^a	34,25±2,40 ^a
	Biochar Aktive	0,70±0,05 ^a	2,25±0,16 ^a	0,68±0,05 ^a	1,70±0,12 ^a	38,13±2,67 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,75±0,06 ^b	2,73±0,19 ^b	0,73±0,06 ^b	2,20±0,15 ^b	47,67±3,34 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	0,55±0,04 ^a	1,52±0,11 ^a	0,54±0,04 ^a	1,13±0,08 ^a	25,64±1,79 ^a
	Граундфікс®	0,64±0,04 ^a	1,57±0,11 ^a	0,64±0,05 ^b	1,22±0,09 ^a	26,96±1,89 ^a
	Biochar Aktive	0,62±0,05 ^a	1,76±0,12 ^a	0,60±0,04 ^a	1,24±0,09 ^a	28,93±2,03 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,73±0,06 ^b	1,78±0,12 ^b	0,72±0,06 ^b	1,51±0,11 ^b	31,83±2,23 ^b
Водограй	Контроль (без внесення)	0,64±0,04 ^a	1,21±0,08 ^a	0,60±0,04 ^a	0,87±0,06 ^a	20,02±1,40 ^a
	Граундфікс®	0,70±0,05 ^a	1,54±0,11 ^a	0,68±0,06 ^a	1,16±0,08 ^b	26,04±1,82 ^b
	Biochar Aktive	0,68±0,06 ^a	1,54±0,11 ^a	0,65±0,05 ^a	1,06±0,07 ^b	25,16±1,76 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,76±0,06 ^b	1,86±0,13 ^b	0,78±0,07 ^b	1,41±0,10 ^b	31,57±2,21 ^b
Середнє по сортам	Контроль (без внесення)	0,67±0,05 ^a	2,09±0,15 ^a	0,65±0,05 ^a	1,73±0,12 ^a	36,91±2,58 ^a
	Граундфікс®	0,69±0,05 ^a	1,97±0,14 ^a	0,69±0,06 ^a	1,58±0,11 ^a	34,25±2,40 ^a
	Biochar Aktive	0,70±0,06 ^a	2,25±0,16 ^a	0,68±0,05 ^a	1,70±0,12 ^a	38,13±2,67 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,75±0,06 ^b	2,73±0,19 ^b	0,73±0,07 ^a	2,20±0,15 ^b	47,67±3,34 ^b

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Найвищі показники вмісту ефірної олії зафіксовано у сортів Маркіз

(0,75% при першому скошуванні та 0,73% при другому на фоні Biochar + Граундфікс®) та Водограй (0,76% і 0,78% відповідно, що перевищує показники сорту Маркіз). Сорт Національний демонструє вміст ефірної олії 0,73% і 0,72% відповідно. Контрольні варіанти, як правило, показують найнижчі значення – в середньому 0,62% і 0,60% для всіх сортів. Найбільший ефект спостерігається при поєднанні Biochar + Граундфікс®, що підтверджує стабільну ефективність біологічно активних препаратів у другий рік культивування. Щодо збору ефірної олії з однієї рослини, сорт Маркіз лідирує з показниками 0,00273 л/рослину та 0,0022 л/рослину (фон Biochar + Граундфікс®), що є найвищими значеннями серед усіх варіантів. Інші сорти показують помірне зростання при застосуванні біологічно активних препаратів: Національний – до 1,78 мл/рослину та 1,51 мл/рослину, Водограй – до 1,86 мл/рослину та 1,41 мл/рослину. У середньому по сортах, контроль демонструє 1,61 мл/рослину та 1,24 мл/рослину, а Biochar + Граундфікс® – 2,13 мл/рослину та 1,71 мл/рослину, що на 32–37% більше, ніж у контролі. Найвищий умовний валовий збір ефірної олії спостерігається у сорту Маркіз на фоні Biochar + Граундфікс® (47,67 л/га), що є піковим значенням серед усіх комбінацій. Сорт Національний на тому ж фоні демонструє 31,83 л/га, а Водограй – 31,57 л/га. Середні значення умовного валового збору ефірної олії по сортах: контроль – 27,52 л/га, Граундфікс® – 29,08 л/га, Biochar Aktive – 30,74 л/га, та Biochar + Граундфікс® – 37,02 л/га, що на 35% більше, ніж у контролі.

У другий рік досліджень сорт Маркіз продемонстрував найвищу продуктивність за загальним збором ефірної олії, хоча в окремих варіантах сорт Водограй характеризувався максимальною масовою часткою ефірної олії. Найбільш ефективно внесення біологічно активних препаратів для збільшення як вмісту ефірної олії, так і валового збору виявилась Biochar Aktive + Граундфікс®, що підкреслює її агрономічну цінність при тривалому застосуванні. Загалом, гісоп зберігає високу чутливість до біопрепаратів і на другий рік вирощування, що супроводжується вираженим сортовим ефектом.

Впродовж третього року досліджень спостерігається стійкий позитивний вплив внесення біологічно активних препаратів на рослини, особливо при застосуванні комбінації Biochar Aktive та Граундфікс® (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Умовний збір ефірної олії рослин гісопу лікарського третього року використання залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2024 рік ($x \pm SE$, $n = 4$)

Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Перше скошування		Друге скошування		Умовний валовий збір ефірної олії, л/га
		Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Збір ефірної олії, мл на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Збір ефірної олії, мл на 1 рослину	
Маркіз	Контроль (без внесення)	0,69±0,05 ^a	1,93±0,14 ^a	0,68±0,05 ^a	1,58±0,11 ^a	33,88±2,37 ^a
	Граундфікс®	0,90±0,06 ^b	2,64±0,18 ^b	0,88±0,06 ^b	2,15±0,15 ^b	46,27±3,24 ^b
	Biochar Aktive	0,71±0,05 ^a	2,65±0,19 ^b	0,71±0,05 ^a	2,26±0,16 ^b	47,44±3,32 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,93±0,07 ^b	3,70±0,26 ^b	0,92±0,06 ^b	3,21±0,22 ^b	66,64±4,66 ^b
Національний	Контроль (без внесення)	0,60±0,04 ^a	1,84±0,13 ^a	0,59±0,04 ^a	1,44±0,10 ^a	31,72±2,22 ^a
	Граундфікс®	0,86±0,06 ^b	2,65±0,19 ^b	0,84±0,06 ^b	2,18±0,15 ^b	46,66±3,27 ^b
	Biochar Aktive	0,64±0,04 ^a	1,99±0,14 ^a	0,63±0,04 ^a	1,56±0,11 ^a	34,25±2,40 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,86±0,06 ^b	2,80±0,20 ^b	0,87±0,06 ^b	2,52±0,18 ^b	51,30±3,59 ^b
Водограй	Контроль (без внесення)	0,65±0,05 ^a	2,02±0,14 ^a	0,63±0,04 ^a	1,77±0,12 ^a	36,59±2,56 ^a
	Граундфікс®	0,82±0,06 ^b	2,54±0,18 ^b	0,82±0,06 ^b	2,00±0,14 ^a	43,79±3,07 ^b
	Biochar Aktive	0,68±0,05 ^a	2,18±0,15 ^a	0,67±0,05 ^a	1,80±0,13 ^a	38,35±2,68 ^a
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,91±0,06 ^b	2,89±0,20 ^b	0,91±0,06 ^b	2,39±0,17 ^b	50,95±3,57 ^b
Середнє по сортам	Контроль (без внесення)	0,65±0,05 ^a	1,93±0,14 ^a	0,63±0,04 ^a	1,60±0,11 ^a	34,06±2,38 ^a
	Граундфікс®	0,86±0,06 ^b	2,61±0,18 ^b	0,85±0,06 ^b	2,11±0,15 ^b	45,57±3,19 ^b
	Biochar Aktive	0,68±0,05 ^a	2,27±0,16 ^b	0,67±0,05 ^a	1,87±0,13 ^b	40,02±2,80 ^b
	Biochar Aktive + Граундфікс®	0,90±0,06 ^b	3,13±0,22 ^b	0,90±0,06 ^b	2,71±0,19 ^b	56,29±3,94 ^b

Примітка. Однаковими літерами позначені величини, які достовірно не відрізнялися при $P \leq 0,05$.

Максимальні показники вмісту ефірної олії зафіксовано для сортів Маркіз (0,93% і 0,92%), Водограй (0,91% і 0,91%) та Національний (0,86% і 0,87%),

значно перевищуючи контрольні варіанти, де середні показники становили 0,65% і 0,63%. Встановлено, що біологічно активні препарати сприяють підтриманню стабільно високого рівня вмісту ефірної олії навіть на третій рік вегетації, що свідчить про їх пролонговану дію на метаболізм вторинних сполук рослин. Крім того, збір ефірної олії з однієї рослини досяг найвищих значень за три роки досліджень, зокрема, для сорту Маркіз при застосуванні Biochar + Граундфікс® – 0,0037 л/рослину, що на 92% перевищує показники контрольної групи. Щодо валового збору ефірної олії, то максимальні показники досягнуто на третій рік дослідження, зокрема для сорту Маркіз з використанням Biochar + Граундфікс® – 66,64 л/га. Загалом, застосування комбінації Biochar + Граундфікс® забезпечило збільшення валового збору ефірної олії в середньому на 65% порівняно з контрольними варіантами.

На третій рік вегетації рослини гісопу зберігають ефективність накопичення ефірної олії за умови застосування біологічно активних препаратів. Найкращі результати зафіксовано при використанні схеми Biochar + Граундфікс®, що стабільно забезпечує максимальні показники вмісту ефірної олії, індивідуального та умовного валового збору ефірної олії. Сорт Маркіз залишається найбільш продуктивним впродовж усіх років спостережень, демонструючи позитивну реакцію внесення біологічно активних препаратів.

Впродовж трьох років досліджень спостерігається чітка кореляція між використанням біологічних препаратів та вмісту ефірної олії досліджуваних сортів гісопу. Найбільш виражений позитивний ефект на масову частку ефірної олії демонструвало комбіноване застосування Biochar Aktive та Граундфікс®, незалежно від генотипу. У 2024 році, на третьому році досліджень, цей вплив досяг максимальних значень, зокрема, у сортів Маркіз (0,92-0,93%), Водограй (0,91-0,91%) та Національний (0,86-0,87%). На відміну від цього, у контрольних варіантах без застосування добрив, вміст ефірної олії залишався стабільно низьким (0,60-0,68%) з тенденцією до зниження протягом періоду дослідження. Отримані дані підтверджують активізуючий вплив біологічних добрив на процеси біосинтезу терпенових сполук, котрі є ключовими компонентами

ефірної олії гісопу (рис. 5.1).

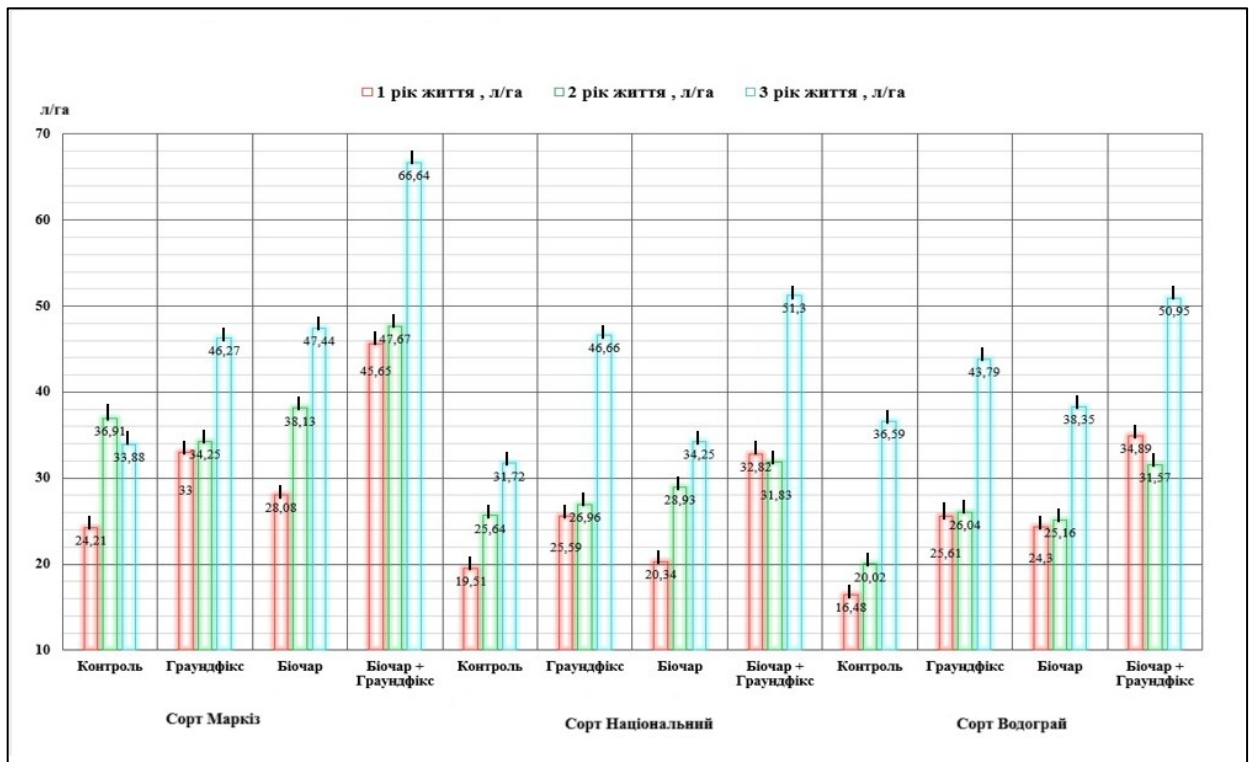


Рис. 5.1 Умовний валовий збір ефірної олії рослин гісопу лікарського залежно від сортових особливостей та внесення біопрепаратів, л/га

Оцінка індивідуальної продуктивності рослин, що виражається в обсязі зібраної ефірної олії з однієї рослини (л/рослину), є ключовим показником для визначення потенціалу конкретного сорту та ефективності агротехнічних заходів. Дослідження показали, що максимальні показники досягаються за сприятливих погодних умов у поєднанні з використанням біологічних добрив. Зокрема, у сорту Маркіз найвищий збір ефірної олії з однієї рослини спостерігався у 2024 році та становив 3,46 мл/рослину за умови застосування комплексу Biochar + Граундфікс®, що більш ніж вдвічі перевищує показник контрольної групи. Сорти Національний та Водограй також продемонстрували позитивну реакцію на внесення препаратів, з підвищенням збору ефірної олії на 60–70% порівняно з контрольними зразками. Внесення біологічно активних препаратів сприяє посиленню метаболізму рослин, що, в свою чергу, призводить до збільшення індивідуальної продуктивності. Умовний валовий збір ефірної олії (л/га) є найважливішим економічним показником ефективності вирощування культури. У досліджуваних роках застосування біологічно

активних препаратів, особливо у поєднанні, значно підвищувало умовний валовий збір ефірної олії. Сорт Маркіз демонстрував найвищі показники умовного валового збору ефірної олії протягом усіх років дослідження, досягнувши найвищого показника у 2024 році – 66,64 л/га. Умовний валовий збір ефірної олії для сорту Національний зріс з 32,82 до 51,3 л/га, а для Водограю – з 34,89 до 50,95 л/га за аналогічного варіанту удобрення. Середні показники по сортах також продемонстрували позитивну динаміку. Важливо відзначити, що ефект внесення біологічно активних препаратів не лише зберігається, але й посилюється впродовж трьох років вирощування, демонструючи пролонговану дію.

Біологічно активні препарати, особливо при їхньому комбінованому застосуванні, виявляють помітний стимулюючий ефект на процес накопичення ефірної олії в рослинах гісопу лікарського. З точки зору сортової специфіки, сорт Маркіз характеризується найбільшою чутливістю до впливу біопрепаратів, демонструючи найвищу ефективність впродовж трирічного періоду вирощування. Враховуючи ці особливості, сорт Маркіз може бути рекомендований як основний промисловий сорт для використання в ефіроолійному напрямку сільського господарства. Важливо зазначити, що третій рік культивування, незважаючи на потенційне виснаження насаджень, не призводить до зниження продуктивності за умови забезпечення належного біологічного живлення рослин. На основі отриманих даних, застосування інтегрованої системи, що включає Biochar Aktive та Граундфікс®, є оптимальним агротехнічним заходом для підвищення виходу цінної сировини та забезпечення ефективного використання багаторічних плантацій гісопу лікарського.

5.2 Вплив досліджуваних факторів на компонентний склад ефірної олії гісопу лікарського

Компонентний склад ефірної олії (ЕО) гісопу лікарського є ключовим критерієм, що визначає її функціональне призначення та комерційну цінність у

різних галузях — від фармацевтики до харчової та косметичної промисловості. Відомо, що основними біоактивними сполуками ЕО гісопу є монотерпени та монотерпенові кетони, серед яких переважають 1,8-цинеол (евкаліптол), камфора, пінен, β -пінен, ліналоол, терпінен-4-ол, гераніол, ізопінон, метилевгенол тощо [1, 2, 8, 10].

Найбільше уваги у науковій літературі приділяється саме 1,8-цинеолу та камфорі — сполукам з вираженою фармакологічною активністю. Високий вміст 1,8-цинеолу (до 40% у деяких хемотипах) обумовлює сильні протизапальні, відхаркувальні та антисептичні властивості ЕО гісопу, що є цінним для виготовлення фітопрепаратів та інгаляційних засобів. Камфора, в свою чергу, має тонізувальну та протимікробну дію, однак через її різкий запах і подразнюючі властивості використання ефірної олії з високим вмістом цієї сполуки у парфумерії є обмеженим [3].

Склад ефірної олії гісопу значною мірою варіює залежно від сорту, фази розвитку рослин, агрокліматичних умов та застосованих агротехнічних заходів (зокрема, біопрепаратів), що дозволяє цілеспрямовано формувати хемотипи, придатні для специфічного використання — наприклад, із підвищеним вмістом ліналоолу або піненів для парфумерії, або ж 1,8-цинеолу і камфори — для медичного спрямування [4, 5, 8, 10].

Для детального аналізу компонентного складу ефірної олії гісопу лікарського було обрано сорт Маркіз, який упродовж трьох років стабільно демонстрував найвищі показники урожайності зеленої маси та валового збору ефірної олії. Найефективнішим внесення біологічно активних препаратів виявилось у поєднанні Biochar Aktive і Граундфікс®, що забезпечило не лише збільшення загального вмісту ефірної олії, а й якісну трансформацію її складу — з підвищенням вмісту фармакологічно цінних компонентів.

Отримані результати якісного аналізу свідчать про формування в рослин сорту Маркіз високоспецифічного хемотипу ефірної олії з переважанням монотерпенових кетонів, що мають виразну біологічну активність (табл. 5.4).

Компонентний склад ефірної олії гісопу лікарського сорту Маркіз третього року життя

Назва речовини	Українська назва речовини	Вміст речовини у ефірній олії, %
α -Thujene	α -Туєн	0,27
α -Pinene	α -Пінен	0,69
β -Pinene	β -Пінен	4,49
Myrcene	Мірцен	1,09
1,8-Cineole	1,8-Цінеол (евкаліптол)	0,74
(Z)- β -Ocimene	(Z)- β -Оцімен	0,84
(E)- β -Ocimene	(E)- β -Оцімен	0,61
Linalool	Ліналоол	1,19
Camphor	Камфор	0,33
Pinocomphone	Пінокомфон	9,99
Isopinocamphone	Ізопінокамфон	51,73
Bicyclogermacrene	Біциклогермакрен	2,47
Myrtenol	Міртенол	3,76
β -Bourbonene	β -Бурбонен	0,70
Methyl eugenol	Метилевгенол	0,38
β -Caryophyllene	β -Каріофлен	0,59
Allo aromadendrene	Алоаромадендрен	0,76
Germacrene D	Гермакрен D	2,10
Elemol	Елемол	5,33
β -Phellandrene	β -Фелландрен	3,39
Trans-pinocarveol	Транспінокарвеол	0,21
γ -Terpinene	γ -Терпінен	0,27
Всього		91,94

Ефірна олія гісопу лікарського характеризується унікальним хімічним профілем, де домінуючою сполукою є ізопінокамфон (51,73%). Цей кетон не лише визначає характерний аромат олії, але й обумовлює її виражену протимікробну, антисептичну та нейрофармакологічну активність. Високий вміст ізопінокамфону, що перевищує 50%, дозволяє класифікувати дану олію як ізопінокамфоновий хемотип. Значну частку також складає пінокомфон (9,99%), кетон зі спорідненою хімічною будовою, котрий разом з ізопінокамфоном

формує домінуючу кетонуву фракцію (загалом 61,72%). Елемол (5,33%), сесквітерпеновий спирт, додає олії м'який деревний відтінок в ароматі та, ймовірно, седативні властивості, підвищуючи його біологічну цінність. Монотерпени β -пінен (4,49%) і β -фелландрен (3,39%) з їх антисептичними та бронхолітичними властивостями, мають значення для потенційного застосування олії у відхаркувальних засобах. Наявність міртенолу (3,76%), оксигенованого монотерпену з приємним квітково-хвойним запахом, додатково збагачує органолептичні характеристики ефірної олії гісопу лікарського (рис. 5.2).

Пояснення до рис. 5.2:

Чорні вертикальні лінії — компонентний склад ефірної олії, отриманої шляхом парової дистиляції, з домінуванням ізопінокамфону (51,73%) та пінокомфону (9,99%). Сині пунктирні лінії — профіль полярних фенольних сполук, виявлених в етанольному екстракті, з переважаючим вмістом розмаринової кислоти (294,33 мкг/мл) та транс-ферулової кислоти (87,65 мкг/мл). Час утримування компонентів подано у хвилинах. Інтенсивність фенольних сполук масштабовано для візуального поєднання з профілем летких речовин.

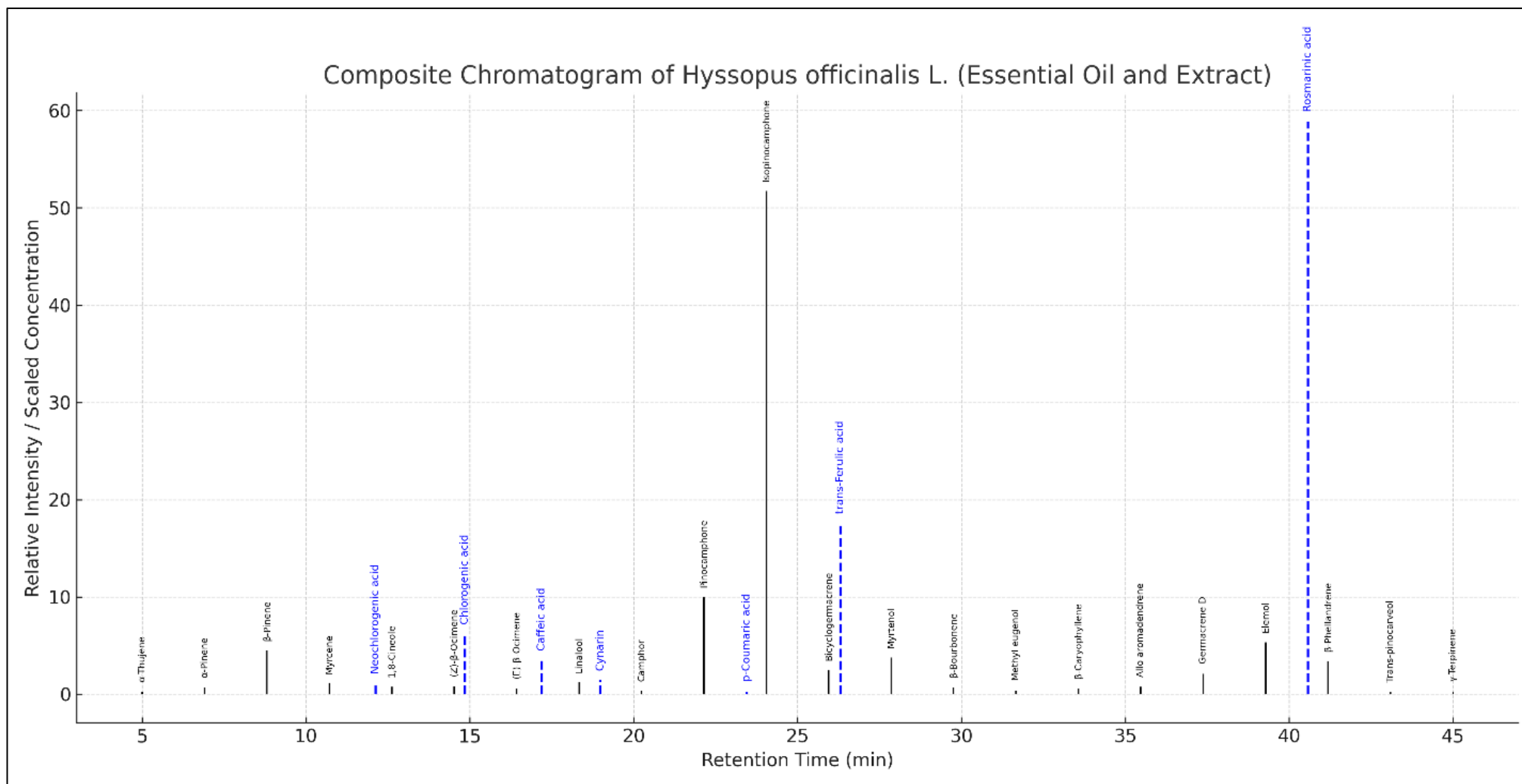


Рис. 5.2 Композитна хроматограма ефірної олії гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.), сорт Маркіз, третій рік вегетації.

Окрім основних компонентів, досліджуваний зразок ефірної олії містив ряд сполук з меншою концентрацією, але значною функціональною цінністю. Зокрема, вміст 1,8-цинеолу становить 0,74%, що є відносно низьким показником порівняно з іншими варіантами ефірних олій. Це зниження концентрації 1,8-цинеолу слід розглядати як позитивну характеристику з точки зору безпеки застосування у парфумерній промисловості, оскільки високі концентрації цієї сполуки можуть викликати подразнення. Водночас, даний зразок може бути менш ефективним для використання в інгаляційних формах, де більш високий вміст 1,8-цинеолу є бажаним. Концентрація камфори складає 0,33%, що також є відносно низьким показником. Низький вміст камфори обмежує її потенційну подразливу дію, що робить цей зразок придатним для виробництва м'яких косметичних засобів, де важливо мінімізувати ризик подразнення шкіри. Вміст ліналоолу становить 1,19%, що відкриває перспективи для фармацевтичного застосування, враховуючи його відомі спазмолітичні та анксиолітичні властивості. Ліналоол може сприяти розслабленню та зменшенню тривожності, що робить його цінним компонентом у складі лікарських засобів та препаратів для ароматерапії.

За результатами проведеного аналізу, загальна ідентифікована частка летких компонентів ефірної олії становить 91,94%, що свідчить про високу ефективність процесу екстракції та формування концентрованого і виразного хемопрофілю. Відповідно до визначеного хемотипу, дана ефірна олія класифікується як кетонова, зокрема, ізопінокамфонового типу. Враховуючи специфічний склад, що характеризується домінуванням кетонів, даний зразок ефірної олії представляє значний інтерес для фармацевтичної промисловості, де його можна використовувати у виробництві антисептичних мазей, протимікробних спреїв, а також тонізувальних засобів. У той же час, застосування даної ефірної олії в парфумерній галузі може бути обмеженим через високий вміст кетонів, що регламентується стандартами IFRA (International Fragrance Association) з метою забезпечення безпеки та запобігання можливим алергічним реакціям. Таким чином, отримані дані вказують на перспективність

використання даного зразка ефірної олії у фармацевтичних розробках, водночас потребуючи обережного підходу при розгляді можливостей його застосування у парфумерії.

Висновки з розділу 5

1. Рівень вмісту ефірної олії та умовний валовий збір ефірної олії у рослин гісопу лікарського чітко корелюють з агрофоном та сортовою належністю. Найвищі показники масової частки ефірної олії, збору з однієї рослини та валового збору зафіксовано при комбінованому внесенні Biochar Aktive + Граундфікс®, що забезпечувало підвищення вмісту ефірної олії і в середньому на 30–35%, а умовного валового збору – до 65–88% порівняно з контролем. Найпродуктивнішим за цими ознаками виявився сорт Маркіз, з максимумом збору ефірної олії 66,64 л/га у 2024 році.
2. Сорт Водограй, хоча й поступається Маркізу за абсолютними значеннями врожаю, продемонстрував найвищі показники масової частки ефірної олії у другий рік життя. Сорт Національний показав стабільність і добру реакцію на застосування біологічно активних препаратів. Встановлено, що ефективність біологічно активні препарати не зменшується з віком плантації, навпаки – у третій рік вони забезпечують найвищий рівень синтезу вторинних метаболітів.
3. Компонентний аналіз ефірної олії гісопу лікарського сорту Маркіз на третьому році життя дозволив виявити домінування ізопінокамфону (51,73%) та пінокомфону (9,99%), що формує кетоновий хемотип, з вираженим антисептичним і нейрофармакологічним потенціалом. Загальний вміст ідентифікованих летких компонентів становив 91,94%, що свідчить про ефективність екстракції. Отримана олія є перспективною для використання у фармацевтичній промисловості, особливо у формі антисептичних препаратів та тонізувальних засобів.

Список використаних джерел до розділу до розділу 5

1. Коваленко, О. А. Інноваційні методи виробництва ефірних олій / О. А. Коваленко, Р. Л. Славинський, Я. С. Федосов, В. О. Славинська // *Scientific Works*. – 2024. – Т. 88, вип. 1. – С. [149-155]. – DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i1.2978>
2. Коваленко, О. Експериментальне моделювання процесів екстрагування ефірних олій у мікрохвильовому полі / О. Коваленко, Р. Л. Славинський, Я. С. Федосов, В. О. Славинська, І. М. Аль-Хамад // *Scientific Works*. – 2023. – Т. 87, вип. 1. – С. [109-116]. – DOI: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i1.2700>
3. Коваленко О.А., Андрійченко Л.В. Вплив способів екстрагування на антиоксидантну активність екстрактів трави рослин *Hyssopus officinalis* L. та *Melissa officinalis* L. *Acta Carpathica*, 2023, Вип. 1, с. 45–52. DOI: [10.21802/acars.2023.1.6](https://doi.org/10.21802/acars.2023.1.6)
4. Котюк Л.А. Состав эфирной олиі гісопу лікарського залежно від віку та фаз розвитку рослини. *Biotechnologia Acta*, 2015, Т. 8, № 5, с. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.15407/biotech8.05.055>.
5. Baj T., Korona-Główniak I., Kowalski R., Malm A. Chemical composition and microbiological evaluation of essential oil from *Hyssopus officinalis* L. with white and pink flowers. *Open Chemistry*. 2018. Vol. 16, Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1515/chem-2018-0083>
6. Biomass, phenolic compounds, essential oil content, and antioxidant properties of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) grown in hydroponics as affected by treatment type and selenium concentration / L. Skrypnik, P. Feduraev, T. Styran et al. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8, № 11. Article № 1037. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111037>.
7. Chemical and biological properties of different Romanian populations of *Hyssopus officinalis* correlated via molecular docking / I. M. Imbrea, M. Osiceanu, A. Hulea et al. *Plants*. 2024. Vol. 13, № 22. Article № 3259. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13223259>.

8. Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions / Shabahng, J., Khorramdel, S., A. Siahmarguee et al. *Journal of Agricultural Sciences*. 2023. Vol. 6, No. 2. P. 39374. DOI: <https://doi.org/10.22067/jag.v6i2.39374>.

9. Jangi F., Ebadi M.-T., Ayyari M. Qualitative characteristics of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under the influence of harvest time and drying methods. *Drying technology*. 2021. Vol. 40, no. 13. P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1955375>.

10. Judzentiene A. Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. London : Academic Press is an imprint of Elsevier, 2016. P. 471–479. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00053-5>.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ПРЕПАРАТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННЯ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО

6.1 Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського

Гісоп лікарський поширений у Середземномор'ї, Центральній Азії та Східній Європі. Його культивують у багатьох країнах світу, зокрема у Франції, Іспанії, Італії, Угорщині, Болгарії, Польщі та Індії [8, 9, 10].

Гісоп є джерелом цінної ефірної олії, що містить пінен, камфен, цинеол, гісопін, маррубін та інші біологічно активні сполуки. Він використовується для виробництва препаратів від кашлю, бронхіту, астми, а також для лікування травних розладів та запальних процесів. Екстракти гісопу входять до складу багатьох фітопрепаратів та дієтичних добавок. Ефірна олія гісопу використовується у виробництві парфумів, мила, лосьйонів та інших косметичних засобів завдяки своєму приємному, пряному аромату. Вона також має антисептичні та протизапальні властивості, що робить її цінним компонентом у доглядовій косметиці. Свіже та сушене листя гісопу використовується як прянощі для приправи м'ясних, рибних страв, супів, соусів та напоїв. Гісоп надає стравам пікантний, гіркуватий смак з легкими м'ятними нотками. Його також додають до трав'яних чаїв та лікерів. Гісоп є привабливою рослиною з яскраво-синіми (рідше рожевими або білими) пелюстками, що приваблює бджіл та інших запилювачів. Його часто висаджують у садах та на клумбах для декоративних цілей та створення медоносних ділянок [5, 6, 7].

Південь України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області) характеризується сприятливими кліматичними умовами для вирощування гісопу лікарського. Теплий, помірно посушливий клімат з великою кількістю сонячних днів, а також наявність чорноземів та каштанових ґрунтів створюють ідеальні умови для культивування цієї рослини [1, 5].

Вирощування гісопу на Півдні України з метою переробки на ефірну олію представляє собою економічно доцільну та перспективну галузь. Світовий ринок

демонструє стабільне зростання попиту на натуральні ефірні олії, зумовлене їх широким застосуванням у фармацевтиці, косметології та харчовій промисловості. Ефірна олія гісопу, завдяки своїм унікальним властивостям, займає особливе місце на міжнародному ринку, що відкриває значні можливості для експорту з України. Важливо відзначити відносно невисокі витрати на виробництво гісопу, оскільки ця культура є посухостійкою та не вимагає інтенсивного зрошення, а також адаптована до різноманітних ґрунтових умов. Багаторічне вирощування гісопу дозволяє отримувати стабільні врожаї впродовж декількох років, зменшуючи витрати на підготовку ґрунту та закупівлю посівного матеріалу. Переробка зеленої маси гісопу на ефірну олію створює продукт з високою доданою вартістю, значно підвищуючи рентабельність виробництва. Розвиток цього напрямку в Україні сприятиме інтеграції у європейські ринки, адаптації до міжнародних стандартів якості та збільшенню валютних надходжень, сприяючи розвитку регіональної економіки [7, 8, 10].

Для досягнення високої економічної ефективності вирощування гісопу лікарського в південних регіонах України необхідно комплексно підходити до організації виробничого процесу, враховуючи широкий спектр факторів. Перш за все, вибір високоврожайних сортів, адаптованих до кліматичних особливостей Півдня, є фундаментом для максимізації потенційної врожайності та вмісту цінних ефірних олій. Не менш важливим є ретельне дотримання агротехнічних вимог, включаючи правильну підготовку ґрунту, вибір оптимальних термінів сівби або висадки розсади, забезпечення належного догляду за рослинами впродовж вегетаційного періоду, а також ефективний контроль за шкідниками та хворобами, що безпосередньо впливає на обсяги виробництва та якість кінцевої продукції. Якість сировини має вирішальне значення для отримання високоякісної ефірної олії, тому необхідно чітко дотримуватися оптимальних термінів збору врожаю та технологій подальшої обробки, зберігання та підготовки сировини до переробки. Наявність власних або доступних переробних потужностей, зокрема спеціалізованих установок для парової

дистиляції, є критичною умовою для виробництва ефірної олії. Крім того, необхідно постійно аналізувати ринкову кон'юнктуру, зокрема поточні ціни на ефірну олію гісопу та сушену зелену масу на внутрішньому та міжнародному ринках, для ефективного планування обсягів виробництва та розробки стратегії збуту. Необхідно враховувати початкові інвестиції у придбання насіння, розсади або саджанців, обладнання для обробки ґрунту, збору врожаю, а також, за необхідності, у дистиляційні установки. Для успішного виходу на міжнародні ринки та отримання преміальної ціни за продукцію може знадобитися сертифікація за міжнародними стандартами, наприклад, органічне виробництво. І на завершення, ефективна система логістики та налагоджені канали збуту є важливими для забезпечення своєчасної реалізації продукції та мінімізації втрат, що в кінцевому підсумку впливає на рентабельність всього підприємства [2, 3, 4].

Вирощування гісопу лікарського на Півдні України має значний економічний потенціал як для виробництва ефірної олії, так і для отримання зеленої маси. Сприятливі кліматичні умови регіону, високий попит на продукцію гісопу на внутрішньому та міжнародному ринках, а також можливість створення продуктів з високою доданою вартістю роблять цю культуру привабливою для сільськогосподарських підприємств. Для успішної реалізації цього потенціалу необхідне ретельне планування, дотримання передових агротехнологій та врахування ринкових факторів. Розвиток цього напрямку дозволить не тільки збільшити прибутковість агросектору регіону, а й сприятиме його стабільному розвитку та інтеграції у світові ринки [1, 5, 10].

Використані в досліді комерційні сорти гісопу лікарського Маркіз, Національний та Водограй обрані для досліду через гарантовану якість та стабільність характеристик. Зареєстровані сорти проходять державні випробування, що підтверджують їхні заявлені властивості (врожайність, вміст ефірної олії, стійкість до хвороб та шкідників, адаптованість до кліматичних умов). Це мінімізує ризики для аграрія, оскільки він отримує насіння або посадковий матеріал з прогнозованими показниками. Використання несортового

або "дикого" матеріалу може призвести до значних коливань у врожайності, якості сировини та, як наслідок, до фінансових втрат.

Сорти Національний, Маркіз та Водограй, виведені з метою максимізації продуктивності. Це може виражатися у більшій масі зеленої маси з гектара, або у вищому вмісті ефірної олії. Більша врожайність прямо корелює зі збільшенням потенційного доходу на одиницю площі.

Для ефіроолійних культур, таких як гісоп, ключовим показником є не лише врожайність біомаси, але й вміст ефірної олії в ній, а також її хімічний склад. Селекціонери працюють над сортами, які не тільки дають багато олії, але й мають бажаний профіль компонентів (наприклад, високий вміст піненів, відсутність небажаних домішок), що впливає на її ринкову вартість. Використання таких сортів дозволяє виробляти олію, що відповідає ринковим стандартам та вимогам споживачів.

Обрані для дослідження сорти характеризуються високою адаптивністю до південного регіону, стійкістю до хвороб, шкідників, посухи або низьких температур. Це зменшує потребу у дорогих засобах захисту рослин (пестициди, фунгіциди), мінімізує втрати врожаю та знижує ризики для сільгоспвиробника, що напряму впливає на собівартість продукції.

Використання зареєстрованих сортів дає юридичні гарантії щодо посівного матеріалу та сприяє створенню позитивної репутації виробника як такого, що дотримується стандартів та використовує якісну сировину.

Вивчення та впровадження сортів гісопу лікарського є фундаментом для успішного та економічно ефективного вирощування рослин. Це дозволяє досягти високої та стабільної врожайності, забезпечити якість продукції та мінімізувати виробничі ризики, що в кінцевому підсумку впливає на прибутковість підприємства.

В розробці агротехніки вирощування досліджуваних сортів обрано системний підхід до вирощування гісопу лікарського, з прагненням до інтенсифікації виробництва та мінімізації витрат. Загальна агротехніка, викладена у картах (Додатки Є1-Є8). Перший рік є дуже затратним, але вже

наступні два роки демонструють значне зниження витрат що є характерним для високорентабельних багаторічних культур (рис. 6.1, 6.2).

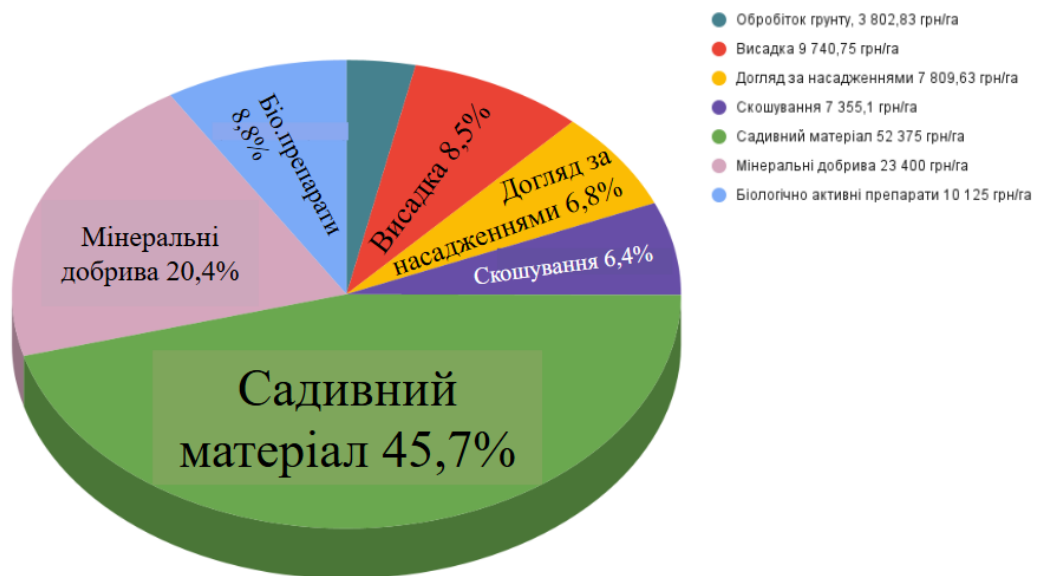


Рис. 6.1 Економічні складові вирощування гісопу лікарського першого року життя.



Рис. 6.2 Економічні складові вирощування гісопу лікарського третього року життя.

На початковому етапі (1-й рік) агротехніка передбачає комплексний обробіток ґрунту: дискування стерні, внесення добрив, оранку та кілька культивацій. Це традиційна і перевірена часом практика, що забезпечує оптимальні умови для проростання насіння та вкорінення саджанців гісопу. З економічної точки зору, ці операції є найбільш витратними через високу енергоємність (значні витрати палива) та потребу у потужній техніці (John Deere 8320R, МТЗ-82.1, RMD-1000, Rubin 10/600 KUA). Проте, якісна передпосівна підготовка ґрунту є фундаментальною інвестицією, яка безпосередньо впливає на приживання культури і розвиток кореневої системи та, зрештою, на майбутню врожайність. Нехтування цим етапом неминуче призводить до втрат врожаю та, відповідно, зниження прибутковості, роблячи ці початкові витрати економічно виправданими. Важливо, що використання сучасної техніки, такої як John Deere, хоч і має високу амортизаційну вартість, забезпечує високу продуктивність та якість робіт, що може компенсуватися економією часу та палива на великих площах.

Перевагою посадки розсади є прискорений старт адже рослини, вирощені в розсаднику, вже мають розвинену кореневу систему та кілька справжніх листків, що забезпечує швидшу приживлюваність та старт росту на постійному місці. Це скорочує період до першого товарного врожаю. Вища приживлюваність та рівномірність насаджень - розсада, як правило, краще приживається, ніж сходи з прямого посіву, що дозволяє досягти оптимальної густоти стояння рослин та більш рівномірного розвитку плантації. Це знижує ризики пересіву або досаджування, забезпечує кращий контроль бур'янів на ранніх етапах. Крім того, рослини вже достатньо великі, щоб конкурувати з бур'янами, що полегшує догляд. Недоліком розсадного способу вирощування є значно вищі початкові витрати. Вирощування розсади у розпліднику (насіння, субстрат, теплиці, ручна праця на висів, пікірування, догляд) та їх подальша висадка (спеціалізовані саджалки, ручна праця) є значно дорожчими, ніж прямий висів насіння, а вартість якісної розсади є суттєвою статтею витрат. Рішення про використання розсади є економічно виправданим, тому що швидший вступ у

плодоношення, вища та стабільніша врожайність, краща якість продукції компенсують значно вищі початкові витрати. Для багаторічної культури, такої як гісоп, інвестиції у якісний садивний матеріал та ефективну висадку можуть окупитися за рахунок стабільно високих врожаїв впродовж кількох років.

Впродовж вегетаційного періоду проводиться догляд за посівами. Міжрядна культивування та прополювання в ряду є одними з найважливіших операцій для багаторічних культур. Їхня економічна доцільність полягає у ефективній боротьбі з бур'янами – головними конкурентами гісопу за вологу та поживні речовини. Механізовані культивування (за допомогою МТЗ-82.1 та КРНВ-5,6) значно ефективніші та дешевші, ніж ручна праця, особливо на великих площах. Розпушення ґрунту, окрім боротьби з бур'янами, покращує аерацію кореневої зони, що також сприяє здоровому росту рослин. Ці постійні витрати на догляд є необхідними для підтримки високої продуктивності плантації впродовж усього періоду її експлуатації.

Збирання врожаю проводиться за допомогою косарки КСП-2,1 та подальше збирання й транспортування зеленої маси вантажівками САЗ-3507 є логічним завершенням виробничого циклу. Механізація збирання врожаю є критично важливою для комерційного виробництва, оскільки ручне скошування є вкрай трудомістким і дорогим. Витрати на цей етап значні через інтенсивне використання техніки, палива та залучення робочої сили (трактористи, водії, робітники). Однак, це прямі витрати на отримання товарної продукції, тому їх оптимізація полягає у виборі найбільш ефективних машин та логістичних рішень для мінімізації часу простою та витрат на транспортування.

Впроваджена агротехніка для гісопу лікарського є раціональною та обґрунтованою з точки зору технологічних процесів. Вона передбачає механізацію ключових операцій, що є обов'язковою умовою для рентабельного великомасштабного виробництва. Доцільність цієї агротехніки для вирощування гісопу на Півдні України підтверджується тим, що кліматичні та ґрунтові умови регіону є сприятливими для цієї культури, що дозволяє реалізувати її потенціал врожайності (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Економічна ефективність вирощування сортів гісопу лікарського залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2022-2023рр.

Сорт	Фон живлення	Урожайність зеленої маси за вегетацію, т/га	Вихід ефірної олії, %	Умовний валовий збір ефірної олії, л/га	Виробничі витрати, тис. грн/га	Собівартість ефірної олії, грн/л	Вартість продукції, тис. грн/га	Прибуток, тис. грн/га	Рівень рентабельності, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Перший рік вегетації									
2022 рік									
Маркіз	Контроль (без внесення)	3,05	0,81	24,71	102,15	4134,91	34,587	-67,57	-66,14
	Граундфікс®	3,64	0,90	32,76	103,45	3157,88	45,864	-57,59	-55,67
	Biochar Aktive	3,42	0,80	27,36	111,33	4068,97	38,304	-73,02	-65,59
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,58	0,99	45,34	112,45	2480,08	63,4788	-48,97	-43,55
Національний	Контроль (без внесення)	3,10	0,62	19,07	102,15	5358,14	26,691	-75,46	-73,87
	Граундфікс®	3,61	0,71	25,45	103,45	4064,83	35,6307	-67,82	-65,56
	Biochar Aktive	3,18	0,63	20,03	111,33	5556,90	28,0476	-83,28	-74,81
	Biochar Aktive + Граундфікс®	3,73	0,89	33,20	112,45	3387,41	46,4758	-65,98	-58,67
Водограй	Контроль (без внесення)	2,60	0,63	16,25	102,15	6286,34	22,75	-79,40	-77,73
	Граундфікс®	2,96	0,86	25,31	103,45	4087,72	35,4312	-68,02	-65,75
	Biochar Aktive	3,02	0,80	24,16	111,33	4607,91	33,824	-77,50	-69,62
	Biochar Aktive + Граундфікс®	3,51	0,99	34,75	112,45	3236,12	48,6486	-63,80	-56,74
2023 рік									
Маркіз	Контроль (без внесення)	3,26	0,8	26,08	102,15	3916,91	36,512	-65,64	-64,26
	Граундфікс®	3,89	0,91	35,40	103,45	2922,46	49,5586	-53,89	-52,10
	Biochar Aktive	3,65	0,85	31,03	111,33	3588,30	43,435	-67,89	-60,98
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,69	0,99	46,43	112,45	2421,92	65,0034	-47,45	-42,19
Національний	Контроль (без внесення)	3,23	0,64	20,67	102,15	4941,61	28,9408	-73,21	-71,67
	Граундфікс®	3,67	0,7	25,69	103,45	4026,94	35,966	-67,49	-65,23
	Biochar Aktive	3,43	0,65	22,30	111,33	4993,36	31,213	-80,11	-71,96
	Biochar Aktive + Граундфікс®	3,94	0,9	35,46	112,45	3171,24	49,644	-62,81	-55,85
Водограй	Контроль	2,72	0,64	17,41	102,15	5868,16	24,3712	-77,78	-76,14
	Граундфікс®	3,04	0,87	26,45	103,45	3911,52	37,0272	-66,42	-64,21
	Biochar Aktive	3,13	0,81	25,35	111,33	4391,08	35,4942	-75,83	-68,12
	Biochar Aktive + Граундфікс®	3,67	1	36,70	112,45	3064,09	51,38	-61,07	-54,31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2024 рік									
Маркіз	Контроль (без внесення)	2,97	0,78	23,17	102,15	4409,61	32,4324	-69,72	-68,25
	Граундфікс®	3,34	0,87	29,06	103,45	3560,19	40,6812	-62,77	-60,68
	Biochar Aktive	3,42	0,81	27,70	111,33	4018,74	38,7828	-72,54	-65,16
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,18	0,95	39,71	112,45	2831,83	55,594	-56,86	-50,56
Національний	Контроль (без внесення)	3,08	0,62	19,10	102,15	5349,44	26,7344	-75,42	-73,83
	Граундфікс®	3,31	0,71	23,50	103,45	4402,03	32,9014	-70,55	-68,20
	Biochar Aktive	3,57	0,64	22,85	111,33	4872,51	31,9872	-79,34	-71,27
	Biochar Aktive + Граундфікс®	3,80	0,91	34,58	112,45	3251,94	48,412	-64,04	-56,95
Водограй	Контроль (без внесення)	2,55	0,63	16,07	102,15	6358,73	22,491	-79,66	-77,98
	Граундфікс®	2,78	0,85	23,63	103,45	4377,99	33,082	-70,37	-68,02
	Biochar Aktive	3,00	0,8	24,00	111,33	4638,63	33,6	-77,73	-69,82
	Biochar Aktive + Граундфікс®	3,25	0,99	32,18	112,45	3495,01	45,045	-67,41	-59,94
Другий рік вегетації									
2023 рік									
Маркіз	Контроль (без внесення)	3,98	0,67	26,67	17,77	666,35	37,3324	19,56	110,10
	Граундфікс®	5,10	0,70	35,45	17,77	501,31	49,623	31,85	179,27
	Biochar Aktive	5,80	0,70	40,31	17,77	440,81	56,434	38,67	217,60
	Biochar Aktive + Граундфікс®	6,61	0,75	49,24	17,77	360,83	68,9423	51,17	287,99
Національний	Контроль (без внесення)	3,56	0,55	19,40	17,77	915,83	27,1628	9,39	52,87
	Граундфікс®	3,89	0,64	24,90	17,77	713,73	34,8544	17,09	96,15
	Biochar Aktive	5,01	0,62	31,06	17,77	572,05	43,4868	25,72	144,73
	Biochar Aktive + Граундфікс®	6,12	0,73	44,37	17,77	400,47	62,118	44,35	249,59
Водограй	Контроль (без внесення)	3,43	0,64	21,78	17,77	815,82	30,4927	12,72	71,61
	Граундфікс®	4,24	0,70	29,68	17,77	598,69	41,552	23,78	133,85
	Biochar Aktive	4,58	0,68	31,14	17,77	570,54	43,6016	25,83	145,38
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,98	0,76	37,85	17,77	469,48	52,9872	35,22	198,20
2024 рік									
Маркіз	Контроль(без внесення)	3,15	0,6	18,90	17,77	940,16	26,46	8,69	48,91
	Граундфікс®	3,61	0,68	24,55	17,77	723,85	34,3672	16,60	93,41
	Biochar Aktive	4,09	0,65	26,59	17,77	668,38	37,219	19,45	109,46
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,85	0,74	35,89	17,77	495,10	50,246	32,48	182,77
Національний	Контроль(без внесення)	3,20	0,54	17,28	17,77	1028,30	24,192	6,42	36,15
	Граундфікс®	3,43	0,64	21,95	17,77	809,45	30,7328	12,96	72,96
	Biochar Aktive	3,74	0,63	23,56	17,77	754,14	32,9868	15,22	85,64
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,54	0,72	32,69	17,77	543,59	45,7632	27,99	157,55

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Водограй	Контроль (без внесення)	2,83	0,65	18,40	17,77	965,97	25,753	7,98	44,93
	Граундфікс®	3,06	0,69	21,11	17,77	841,57	29,5596	11,79	66,35
	Biochar Aktive	3,43	0,69	23,67	17,77	750,79	33,1338	15,36	86,47
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,00	0,75	30,00	17,77	592,30	42	24,23	136,37
Третій рік вегетації									
2024 рік									
Маркіз	Контроль (без внесення)	3,65	0,69	25,19	17,77	705,54	35,259	17,49	98,43
	Граундфікс®	4,07	0,90	36,43	17,77	487,80	50,9971	33,23	187,00
	Biochar Aktive	4,67	0,71	32,92	17,77	539,71	46,0929	28,32	159,40
	Biochar Aktive + Граундфікс®	5,69	0,93	52,63	17,77	337,61	73,6855	55,92	314,69
Національний	Контроль (без внесення)	3,58	0,60	21,48	17,77	827,23	30,072	12,30	69,24
	Граундфікс®	3,68	0,86	31,46	17,77	564,74	44,0496	26,28	147,90
	Biochar Aktive	4,24	0,64	26,92	17,77	659,97	37,6936	19,92	112,13
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,93	0,86	42,15	17,77	421,55	59,0121	41,24	232,11
Водограй	Контроль (без внесення)	3,20	0,65	20,80	17,77	854,28	29,12	11,35	63,88
	Граундфікс®	3,63	0,82	29,58	17,77	600,62	41,4183	23,65	133,09
	Biochar Aktive	4,20	0,68	28,56	17,77	622,16	39,984	22,22	125,02
	Biochar Aktive + Граундфікс®	4,74	0,91	42,90	17,77	414,22	60,0558	42,29	237,98

Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.), як і більшість багаторічних ефіроолійних культур, характеризується тривалим періодом формування продуктивного потенціалу. У перший рік після висадки рослини спрямовують більшу частину асимілятів на розвиток кореневої системи, що зумовлює відносно низьку врожайність зеленої маси і невисокий вміст ефірної олії.

З огляду на те, що рентабельність культури формується поступово, а стабільна віддача спостерігається лише з другого–третього року використання плантацій, було вирішено провести порівняльну характеристику витрат на вирощування рослин першого та третього року вегетації (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Порівняльна характеристика витрат на вирощування гісопу лікарського першого та третього року життя рослин

Статті витрат	Біологічно активні препарати			
	Контроль (без обробки)	Biochar Aktive + Граундфікс®	Biochar Aktive	Граундфікс
Посадка, догляд та збирання урожаю гісопу лікарського (перший рік вегетації)				
Витрати на основний обробіток ґрунту догляд за насадженнями та збирання врожаю грн/га	28534,31	28708,31	28708,31	28708,31
Вартість садивного матеріалу, грн/га	52 375,00	52 375,00	52 375,00	52 375,00
Вартість добрив, грн/га	23400,00	33525,00	32400,00	24525,00
Всього прямих витрат грн/га	104 309,31	114 608,31	113 483,31	105 608,31
Догляд та збирання урожаю з насадження гісопу лікарського (третій рік вегетації)				
Витрати на догляд за насадженнями та збирання врожаю грн/га	15 164,73	15 164,73	15 164,73	15 164,73
Вартість добрив, грн/га	4 760,00	4 760,00	4 760,00	4 760,00
Всього прямих витрат грн/га	19924,73	19924,73	19924,73	19924,73

Перший рік вегетації (2022–2024 рр. для першого року) характеризувався негативною рентабельністю для всіх варіантів, що є типовим для багаторічних культур через високі початкові витрати (рис. 6.3). Однак вже на другому році (2023–2024 рр. для другого року) більшість варіантів, особливо з внесенням біологічно активних препаратів, вийшли на позитивну рентабельність. Найбільш

показові результати були отримані на третьому році вегетації (2024 рік), демонструючи стабілізацію та оптимізацію економічних показників.

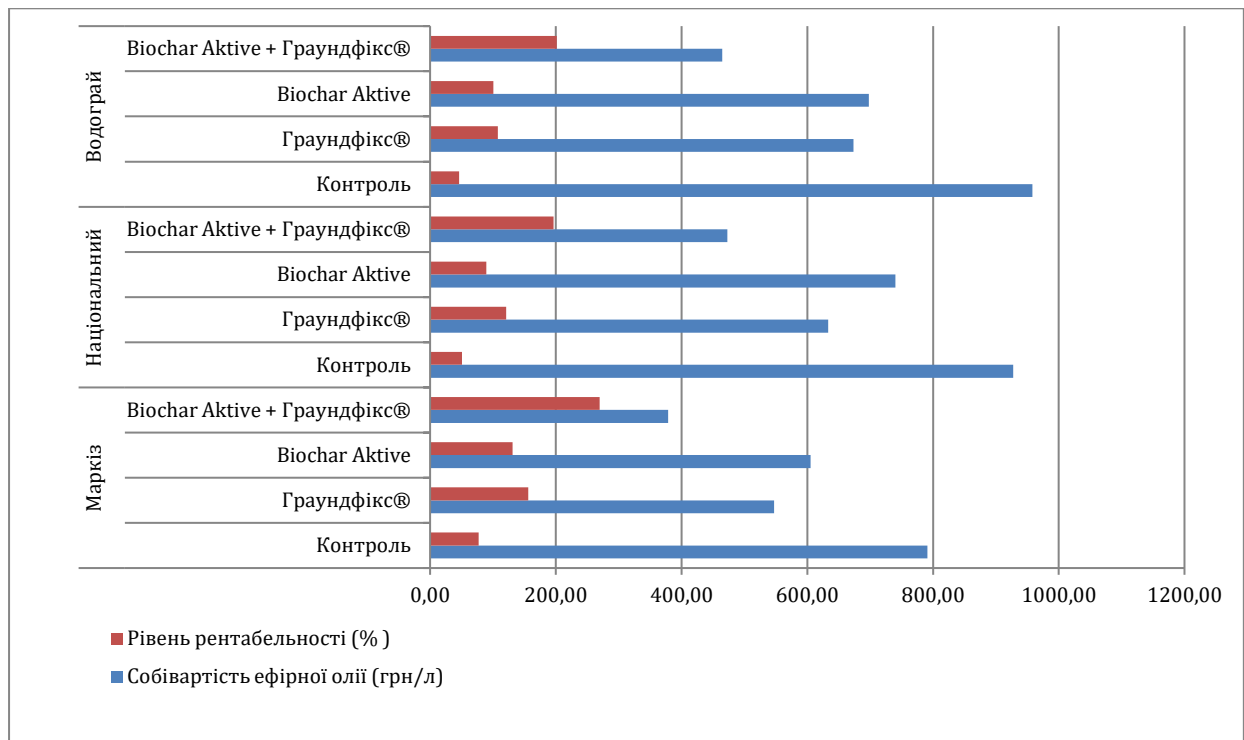


Рис. 6.3 Показники економічної ефективності однорічних рослин сортів гісопу лікарського залежно від внесення біологічно активних препаратів.

На третій рік вегетації вирощування гісопу лікарського продемонструвало значну економічну ефективність, особливо при використанні біодобрив. Комбінація Біошар Активне + Граундфікс виявилася кращею за більшістю показників для всіх сортів.

В досліджуваного сорту Маркіз при використанні Біошар Активне + Граундфікс, урожайність зеленої маси досягла 5,69 т/га, а умовний валовий збір ефірної олії – 52,63 л/га. Це значно вище, ніж на контролі, де урожайність становила 3,65 т/га, а умовний валовий збір ефірної олії – 25,19 л/га. Собівартість ефірної олії з Біошар Активне + Граундфікс склала найнижчі 378,56 грн/л, тоді як на контролі вона була майже вдвічі вищою – 791,13 грн/л. Завдяки цьому прибуток з гектара сягнув 53,76 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 269,82%. Для порівняння, на контролі прибуток становив 15,33 тис. грн/га, а рентабельність – 76,96%. Варіант з Граундфікс також показав високі результати:

умовний валовий збір ефірної олії 36,43 л/га, собівартість 546,98 грн/л, прибуток 31,07 тис. грн/га та рентабельність 155,95%.

У сорту Національний за комбінованого внесення Biochar Aktive + Граундфікс, урожайність зеленої маси склала 4,93 т/га, а умовний валовий збір ефірної олії – 42,15 л/га. Контрольний варіант мав урожайність 3,58 т/га та умовний валовий збір ефірної олії 21,48 л/га. Собівартість ефірної олії була найнижчою за обробки Biochar Aktive + Граундфікс – 472,69 грн/л (проти 927,59 грн/л на контролі). Це забезпечило прибуток у 39,09 тис. грн/га та рівень рентабельності 196,18%. Контроль показав прибуток 10,15 тис. грн/га та рентабельність 50,93%.

Сорт Водограй при застосуванні Biochar Aktive + Граундфікс сформував урожайність на рівні 4,74 т/га та умовний валовий збір ефірної олії 42,90 л/га. На контрольному варіанті ці показники були значно нижчими – 3,20 т/га та 20,80 л/га відповідно. Собівартість ефірної олії за обробки Biochar Aktive + Граундфікс становила 464,48 грн/л, прибуток склав 40,13 тис. грн/га, а рентабельність – 201,41%. На контролі собівартість зросла до 957,92 грн/л, прибуток знизився до 9,20 тис. грн/га, а рентабельність становила 46,15%.

Загалом, на третій рік вегетації, як Biochar Aktive, так і Граундфікс окремо забезпечили суттєве підвищення економічної ефективності вирощування гісопу порівняно з контролем (рис. 6.4). Проте, обробка насаджень препаратом Граундфікс у більшості випадків демонструє дещо вищі економічні показники (збір ефірної олії, собівартість, рентабельність) для всіх трьох сортів порівняно з Biochar Aktive. Це підкреслює його важливість як окремого елемента системи удобрення. Варто додати, що найвищі показники економічної ефективності для всіх сортів були все ж таки досягнуті при комбінованому застосуванні Biochar Aktive + Граундфікс, що вказує на синергетичний ефект цих біодобрих.

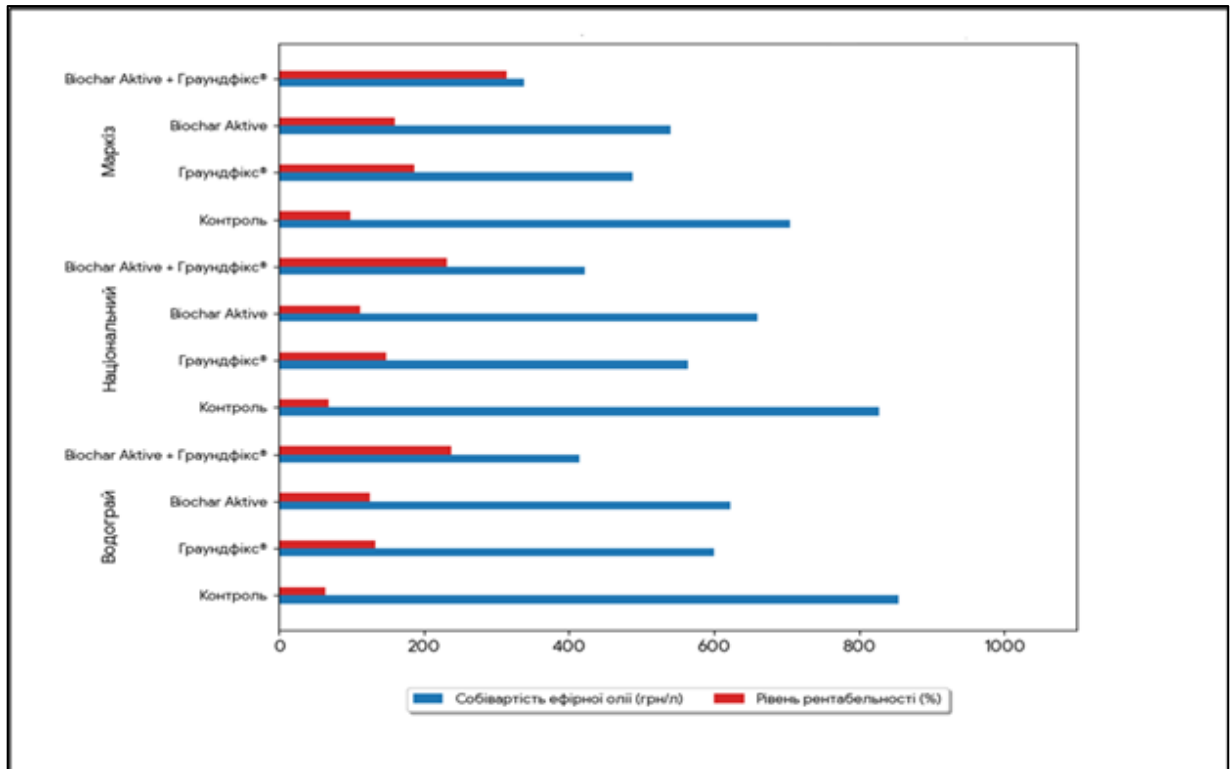


Рис. 6.4 Показники економічної ефективності трирічних рослин сортів гісопу лікарського в залежності від внесення біологічно активних препаратів.

Отже комбіноване застосування Biochar Active + Граундфікс є найбільш економічно ефективною стратегією вирощування гісопу лікарського. Ця система внесення стабільно забезпечує найвищі показники врожайності та збору ефірної олії, що призводить до суттєвого зниження собівартості продукції та максимального прибутку і рівня рентабельності. Серед досліджуваних сортів, Маркіз продемонстрував найкращі економічні результати при оптимальному удобренні. Ці дані підкреслюють доцільність інвестицій у таку систему удобрення для отримання значної економічної вигоди у довгостроковій перспективі.

Висновки з розділу 6

1. Економічна доцільність вирощування гісопу лікарського на Півдні України підтверджена як агрокліматичними умовами регіону, так і стабільним попитом на продукцію гісопу (ефірна олія, сушена зелена маса) на внутрішньому і міжнародному ринках. Завдяки посухостійкості та

адаптивності культури до різних типів ґрунтів, гісоп може успішно вирощуватися без значних витрат на зрошення та захист рослин.

2. Аналіз витрат на вирощування показав високу капіталоємність першого року вегетації, пов'язану з обробкою ґрунту, вартістю якісного посадкового матеріалу та добрив. Утім, вже з другого року спостерігається різке зниження витрат, що характерно для багаторічних культур, забезпечуючи високий рівень рентабельності в наступні роки експлуатації плантацій.
3. Максимальну економічну ефективність вирощування гісопу продемонструвало комбіноване застосування біодобрив Biochar Aktive + Граундфікс. У середньому воно забезпечувало найвищу врожайність зеленої маси та ефірної олії, найнижчу собівартість олії (в межах 378,56–472,69 грн/л) і найвищий рівень рентабельності (в межах 201–270%) для всіх досліджуваних сортів. Окреме застосування біологічно активних препаратів Граундфікс або Biochar Aktive також суттєво покращувало економічні показники порівняно з контролем, однак Граундфікс демонстрував дещо вищу рентабельність і нижчу собівартість для всіх сортів, підкреслюючи його ефективність як самостійного агрономічного засобу.
4. Серед досліджуваних сортів найбільш ефективним виявився сорт Маркіз, який у варіанті з Biochar Aktive + Граундфікс забезпечив максимальний збір ефірної олії (52,63 л/га), найнижчу собівартість (378,56 грн/л), найвищий прибуток (53,76 тис. грн/га) та рівень рентабельності (269,82%).
5. Системний підхід до агротехніки вирощування гісопу, що включає оптимальні строки посадки, механізований догляд та ефективну логістику, забезпечує рентабельність великомасштабного виробництва. Застосування сучасної техніки та механізмів контролю бур'янів дозволяє знизити трудовитрати та оптимізувати витрати виробництва.

Список використаних джерел до розділу до розділу 6

1. Добровольський П.А. Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 120. С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.5>.
2. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / В. К. Збарський, В. І. Мацибора, А. А. Чалий та ін. ; за ред. В. К. Збарського, В. І. Мацибори. Київ : Каравела, 2018. 312 с.
3. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / С. М. Рогач, Н. М. Суліма, Т. А. Гуцул та ін. Київ : ЦП “Компринт”, 2020. 546 с.
4. Коваленко О.А., Андрійченко Л.В. Вплив способів екстрагування на антиоксидантну активність екстрактів трави рослин *Hyssopus officinalis* L. та *Melissa officinalis* L. *Acta Carpathica*, 2023, Вип. 1, с. 45–52. DOI: [10.21802/acars.2023.1.6](https://doi.org/10.21802/acars.2023.1.6)
5. Коваленко О.А., Андрійченко Л.В. Формування продуктивності гісопу лікарського залежно від рівня зволоження та удобрення в умовах південного Степу України. *Baltija Publishing*. 2021. С. 51–68. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-8>
6. Котюк Л.А. Склад ефірної олії гісопу лікарського залежно від віку та фаз розвитку рослини. *Biotechnologia Acta*, 2015, Т. 8, № 5, с. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.15407/biotech8.05.055>.
7. Koocheki A., Tabrizi L., Ghorbani R. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2008. Vol. 6, № 1. DOI: <https://doi.org/10.22067/gsc.v6i1.1184>.
8. Srivastava A., Awasthi K., Kumar B., Misra A., Srivastava S. Pharmacognostic and pharmacological evaluation of *Hyssopus officinalis* L. (Lamiaceae) collected from Kashmir Himalayas, India // *Pharmacognosy Journal*. – 2018. – Vol. 10 – P. 690–693. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2018.4.114>
9. Venditti A. Essential oil composition, polar compounds, glandular trichomes and biological activity of *Hyssopus officinalis* subsp. *aristatus* (Godr.)

Nyman from central Italy. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 77. P. 353–363.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.002>

10. Wesołowska A., Jadczyk D., Grzeszczuk M. Essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in north-western Poland. *Journal of Essential Oil Research*. 2010. Vol. 22, № 1. P. 56–58. URL: https://www.researchgate.net/publication/259175985_Essential_oil_composition_of_hyssop_Hyssopus_officinalis_L_cultivated_in_north-western_Poland

ВИСНОВКИ

На основі результатів досліджень, проведених впродовж 2022-2024 років на дослідних полях ННПЦ МНАУ, можна сформулювати наступні висновки:

1. Впродовж досліджень ґрунтово-кліматичні умови варіювалися у широкому діапазоні, що дозволило всебічно оцінити вплив навколишнього середовища на ріст та розвиток гісопу лікарського. Зокрема, 2023 рік характеризувався оптимальним рівнем вологозабезпечення, що позитивно вплинуло на вегетацію рослин. На противагу цьому, 2024 рік відзначився тривалою літньою посухою, яка створила несприятливі умови для розвитку гісопу лікарського третього року життя. Незважаючи на це, результати досліджень підтвердили високу адаптивність та посухостійкість цієї культури. Гісоп лікарський продемонстрував здатність ефективно витримувати дефіцит вологи, що позитивно позначилося на загальній врожайності культури.
2. Живці довжиною 15 см за обробки Чаркором (6 год) мали найвищу укорінюваність — до 91,4%, тоді як при довжині 20 см цей показник був нижчим — 86,7%. Контрольна група (обробка водою) показала укорінення лише 68,3%. Застосування Хелпрост БТУ забезпечувало 82,1% укорінення, що перевищувало контроль, але поступалося ефективності Чаркору.
3. Найвища ефективність стимулювання коренеутворення досягнута за умов обробки живців Чаркором протягом 6 годин — середній коефіцієнт укорінення становив понад 90%. При збільшенні експозиції до 12 годин показник знижувався на 10–12%. Стимулятор Хелпрост БТУ забезпечував рівень укорінення близько 82%, що перевищувало контрольні варіанти на 20%. Це підтверджує перевагу короткотривалих обробок Чаркором для ефективного розмноження культури.
4. Оптимальна схема внесення Biochar Aktive + Граундфікс® забезпечила підвищення SPAD-показника у сорту Маркіз до рівня 33,0 одиниці, що корелювало з приживаємістю живців понад 96%. У сорту Водограй SPAD також підвищувався до 32,5, хоча рівень виживаності був нижчим —

92,8%. Це підтверджує специфіку сорто-типової реакції на фотосинтетичну активність. Встановлено, що SPAD є надійним індикатором фізіологічного стану рослин у досліджуваних варіантах.

5. Сорт Маркіз у третій рік життя демонстрував найвищу тривалість вегетації — до 240 днів, із активним гілкуванням (21 гілка першого порядку, 51 — другого) та формуванням 29 суцвіть. Висота рослин сягала 64,4 см, що значно перевищує середні показники інших сортів (30–40 см на I рік). Це підтверджує перевагу багаторічних форм у продуктивності та стійкості до екстремальних погодних умов. Сорт показав найвищу інтенсивність генеративного розвитку в стресових умовах посухи.
6. Найефективніший коефіцієнт водоспоживання зафіксовано у сорту Маркіз та становив 432 м³/т при комбінованому внесенні Biochar Aktive + Граундфікс®. Це на 11–15% нижче, ніж у сортів Водограй (480 м³/т) і Національний (455 м³/т). Ефективність використання води зростала з віком рослин, найбільше у третій рік життя. Biochar Aktive + Граундфікс® сприяли розвитку механізмів водозбереження.
7. У досліді найбільша врожайність зеленої маси зафіксована у сорту Маркіз — 6,61 т/га у 2023 році та 4,85 т/га у 2024 році. Це на 45–49% перевищувало контрольні показники (4,56 т/га у 2023 р., 3,25 т/га у 2024 р.). Сорт Водограй за аналогічних умов досягнув 4,98 т/га, покращивши базову продуктивність на 38%. Підвищення врожаю забезпечувалось за рахунок поєднаного живлення і оптимального водоспоживання.
8. Сорт Національний продемонстрував врожайність — до 6,12 т/га зеленої маси у другий рік, що наближено до показників сорту Маркіз. Водночас чутливість до біологічно активних препаратів була нижчою — приріст урожаю становив 0,7 т/га порівняно з контролем. Реакція на біологічно активні препарати була помірною, але рівень адаптації забезпечував збалансовану продуктивність. Це підтверджує доцільність використання сорту у регіонах з нестабільним зволоженням.

9. Найвища масова частка ефірної олії у рослин гісопу зафіксована у сорту Маркіз — 66,64 л/га у 2024 році. Комбіноване внесення підвищувало ефірноолійність на 30–35% порівняно з контролем (до 48,25 л/га). Умовний валовий збір олії збільшився до 88%, що свідчить про ефективність біологічно активних препаратів для повторного відростання та накопичення ефірної олії. Сорт Водограй мав максимальні показники ефірноолійності у другий рік — 62,12 л/га.
10. Компонентний аналіз олії показав домінування ізопінокамфону — 51,73% у сорті Маркіз, що формує кетонний хемотип із вираженим антисептичним ефектом. Пінокомфон становив 9,99% у загальному складі. Сумарно ідентифіковано 91,94% летких компонентів, що демонструє ефективність екстракції. Такий склад є перспективним для створення фармакологічних препаратів з тонізувальною дією.
11. Вартість вирощування гісопу знизилась у другий рік на 40–45% порівняно з першим, що характерно для багаторічних культур. Собівартість ефірної олії зменшилась до 378,56 грн/л за умов внесення Biochar Aktive + Граундфікс®, порівняно з 521,34 грн/л у контролі. Рентабельність при цьому зросла до 270% (проти 145% у варіантах без внесення).
12. Комбінація Biochar Aktive + Граундфікс® забезпечила сталий приріст врожайності у всіх сортів — до +49% у Маркізу, +41% у Національного, +38% у Водограю. У посушливому 2024 році зберігався приріст понад 30%, що підтверджує позитивну дію біологічно активних препаратів, що важливо для фармацевтичного використання рослинної маси.
13. Комбіноване внесення Biochar Aktive + Граундфікс® забезпечило найвищий економічний ефект — рентабельність сягала 269,82% у сорті Маркіз із валовим збором ефірної олії 52,63 л/га. Прибуток становив 53,76 тис. грн/га, тоді як собівартість олії знизилась до 378,56 грн/л. Окреме застосування Граундфіксу демонструвало стабільну рентабельність — 213–245%, із нижчою собівартістю, порівняно з Biochar Aktive.

Дослідження доводить високу потенційну продуктивність гісопу лікарського при раціональному поєднанні сортових особливостей та внесення біологічно активних препаратів. Сорт Маркіз стабільно демонстрував кращі результати за всіма показниками — від укорінюваності до врожайності та вмісту ефірної олії, з максимальною рентабельністю до 270%. Застосування біологічно активних препаратів Biochar Aktive та Граундфікс® забезпечило стабільність продуктивності в екстремальних кліматичних умовах, особливо в посушливому 2024 році. Отримані результати свідчать про перспективність гісопу як культури для масштабного промислового вирощування, з екологічно безпечною та економічно ефективною сировиною.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах південного Степу України на чорноземах південних малогумусних слабкосолонцюватих важкосуглинкових з метою отримання врожаю зеленої маси гісопу лікарського на рівні 6,6 т/га, умовного валового збору ефірної олії до 66,6 л/га, підвищення показників адаптивності та рівня рентабельності виробництва 270% пропонуємо:

- впроваджувати культивування сорту Маркіз як найбільш продуктивного і економічно ефективного;
- застосовувати розсадний спосіб вирощування з використанням живців довжиною 15 см, оброблених стимулятором Чаркор (експозиція 6 годин);
- використовувати сумісне внесення біологічно активних препаратів — Biochar Aktive + Граундфікс® — для стимуляції фотосинтетичної активності, підвищення виживаності та вмісту ефірної олії в рослинах гісопу лікарського;
- здійснювати посадку в оптимальні строки, адаптовані до локальних кліматичних умов, з урахуванням сортової тривалості вегетаційного періоду (до 240 днів для сорту Маркіз);
- забезпечити моніторинг фізіологічних показників (SPAD), оптимізуючи систему внесення біологічно активних препаратів для досягнення значень хлорофілу 31–33 одиниці.

Застосування рекомендованих сортових, технологічних та біологічних рішень дозволяє отримати врожайність зеленої маси до 6,6 т/га та умовний валовий збір ефірної олії понад 66 л/га за ефективного використання природного потенціалу ґрунтів, збереження їх родючості та досягнення рівня рентабельності до 270%, що підтверджує перспективність масштабного промислового вирощування гісопу лікарського в регіоні.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А.1

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇСПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Коваленко О. А., Славинський Р. Л., Федосов Я. С., Славинська В. О., Аль-Хамад І. М.. Експериментальне моделювання процесів екстрагування ефірних олій у мікрохвильовому полі. *Наукові праці*. 2023. Т. 87, Вип. 1. С. 109-116. URL: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v87i1.2700>.
2. Коваленко О. А., Славинський Р. Л., Федосов Я. С., Славинська В. О. Інноваційні методи виробництва ефірних олій. *Scientific Works*. 2024. Т. 88, Вип. 1. С. 149-155. URL: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i1.2978>.
3. Федосов Я. С. Вплив біопрепарату та органо-мінерального добрива на морфологічні показники сортів гісопу лікарського в умовах Півдня України. *Аграрні інновації*. 2024. № 27. С. 201-207. URL: <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2024.27.31>
4. Федосов Я. С. Вплив сортових особливостей та фону живлення на урожайність зеленої маси гісопу лікарського. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 187-192. URL: <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2024.28.30>.
5. Федосов Я. С. Вплив сортових особливостей та кліматичних умов на тривалість міжфазних періодів гісопу лікарського в умовах Півдня України. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 29. С. 173-178. URL: <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2025.29.28>.

Матеріали науково-практичних конференцій

1. Коваленко О. А., **Федосов Я. С.** Протипоказання вживання продуктів з вмістом сировини гісопу лікарського. Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок у виробництво : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції, 19–21 жовтня 2022 р., Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2022. С. 43–45.

2. **Федосов Я. С.** Укорінення живців гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від способу їх підготовки перед висаджуванням. Сучасні підходи до вирощування та використання малопоширених плодових, декоративних, ароматичних та лікарських рослин для покращення екологічної ситуації в Україні : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, 29 серпня 2025 р., м. Одеса : ІКОСГ НААН, 2025. С. 112–115.

3. **Федосов Я. С.** Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського в умовах Південного Степу України. Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 12 вересня 2025 р., м. Одеса : ІКОСГ НААН, 2025. С. 129–130.

Додаток А.2

Акт впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація): **Федосов Яків Сергійович**
(Миколаївський національний аграрний університет)

Назва розробки: **Технологія вирощування гісопу лікарського для умов
ПП «КРИНИЦЯ» с. Інгулець, Херсонської області**

Коротка характеристика роботи	Результати впровадження
Впродовж 2022-2023 рр. в умовах ПП «КРИНИЦЯ» було впроваджено Технологію вирощування гісопу лікарського сорту Маркіз за використання системи удобрення з комбінованим використанням органо-мінерального добрива Biochar Aktive та біопрепарату Граундфікс.	Площа, га: 1,0
	Урожайність зеленої маси у виробничих насадженнях господарства: 3,2 т/га
	Урожайність зеленої маси за впроваджуваної технології: 5,1т/га
	Вихід ефірної олії з 1 га у виробничих насадження господарства га: 20,32 кг/га
	Вихід ефірної олії з 1 га за впроваджуваної технології: 39,27 кг/га
	Економічний ефект від впровадження: за використання розробки чистий прибуток підвищився на 26,53 тис. грн/га; рівень рентабельності становив 209,40%

Акт участі у фінансових операціях не приймає.

Представник господарства:
Директор ПП «КРИНИЦЯ»



Стеценко Наталія Іванівна

Представник автора розробки:
Аспірант кафедри рослинництва
та садово-паркового господарства
Миколаївський
національний аграрний університет

Федосов Яків Сергійович

Додаток А.3

Акт впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація): **Федосов Яків Сергійович**
(Миколаївський національний аграрний університет)

Назва розробки: **Технологія вирощування гісопу лікарського для
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ЗОЛОТИЙ
КОЛОС"** Миколаївська обл., Миколаївський р-н, селище Капустине,
вул.Вишневецького Дмитра, будинок 1-А

Коротка характеристика роботи	Результати впровадження
Впродовж 2022-2023 рр. в умовах ТОВ "ЗОЛОТИЙ КОЛОС" було впроваджено Технологію вирощування гісопу лікарського сорту Маркіз за використання системи удобрення з комбінованим використанням органо-мінерального добрива Biochar Aktive та біопрепарату Граундфікс.	Площа, га: 1,0
	Урожайність зеленої маси у виробничих насадженнях господарства: 3,65 т/га
	Урожайність зеленої маси за впроваджуваної технології: 5,4т/га
	Вихід ефірної олії з 1 га у виробничих насадження господарства га: 23,54 кг/га
	Вихід ефірної олії з 1 га за впроваджуваної технології: 51,30 кг/га
	Економічний ефект від впровадження: за використання розробки чистий прибуток підвищився на 38,86 тис. грн/га; рівень рентабельності становив 260,46%

Акт участі у фінансових операціях не приймає.

Представник господарства:

Директор

ТОВ "ЗОЛОТИЙ КОЛОС"



Іванова Надія Валеріївна

Представник автора розробки:

Аспірант кафедри рослинництва

та садово-паркового господарства

Миколаївський

національний аграрний університет

Федосов Яків Сергійович

Додаток Б.1

Метеорологічні показники зони проведення дослідження у 2022 році

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Вологість повітря, %	Опади, мм	ГТК (за Селяніновим)	Σ Т понад 10 °С
Січень	I	2,52	96,25	8,2		
	II	-2,33	82,72			
	III	-2,54	90,48			
Лютий	I	0,82	93,76	5,4		
	II	2,35	86,8			
	III	3,34	78,83			
Березень	I	0,81	89,02	8,4		
	II	-2	92,94			
	III	5,62	54,1			
Квітень	I	9,19	71,99	22,6		
	II	7,5	78,04			
	III	12,17	81,49		0,24	93,34
Травень	I	12,76	54,4	30,4	0,06	477,1
	II	15,74	61,42			
	III	17,18	75,07			
Червень	I	22,02	58,37	24,8	0,04	650,83
	II	21,48	61,22			
	III	21,67	68,47			
Липень	I	24,11	57,01	4,4	0,01	725,87
	II	21,92	55,02			
	III	24,13	51,9			
Серпень	I	24,24	66,21	43,2	0,57	754,99
	II	23,37	81,15			
	III	25,35	56,25			
Вересень	I	17,15	64,42	85	0,18	459,29
	II	16,88	84,82			
	III	13,2	86,31			
Жовтень	I	11,88	70,42	15,2		
	II	8,9	67,77			
	III	11,28	88,12		0,15	99,30
Листопад	I	6,16	87,84	40,2		
	II	5,5	96,82			
	III	4,2	98,3			
Грудень	I	0,98	95,35	57,2		
	II	2,85	95,56			
	III	3,85	97,44			
Усього				345	0,18	3260

Додаток Б.2

Метеорологічні показники зони проведення дослідження у 2023 році

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Вологість повітря, %	Опади, мм	ГТК (за Селяніновим)	Σ Т понад 10 °С
Січень	I	1,91	91,05	3		
	II	2,39	93,5			
	III	-1,09	95,8			
Лютий	I	-2,24	85,67	10,6		
	II	1,34	79,9			
	III	3,42	88,62			
Березень	I	3,96	79,67	32,4		
	II	5,2	89,92			
	III	6,52	84,81			
Квітень	I	8,62	92,32	95,6	0,4	237,6
	II	11,07	87,05			
	III	10,46	86,54			
Травень	I	12,21	66,7	70,5	0,15	484,24
	II	16,26	55,56			
	III	18,13	81,47			
Червень	I	18,93	56,91	19,2	0,03	626,32
	II	21,64	70,26			
	III	22,08	10,75			
Липень	I	24,35	66,94	72,6	0,1	725,8
	II	23,25	65,77			
	III	22,73	67,31			
Серпень	I	23,74	72,64	36,2	0,05	766,08
	II	24,48	63,68			
	III	25,83	59,86			
Вересень	I	20,66	51,12	2,6	0,004	596,86
	II	18,84	65,64			
	III	20,17	52,39			
Жовтень	I	13,45	62,86	10,2	0,02	425,05
	II	11,38	81,09			
	III	16,05	80,43			
Листопад	I	12,19	90,94	24	0,25	96,7
	II	5,67	96,08	92,8		70,18
	III	1,34	97,7			
Грудень	I	1,67	97,11	23,2		
	II	2,95	99,38			
	III	1,96	95,95			
Усього				492,9	0,13	4028

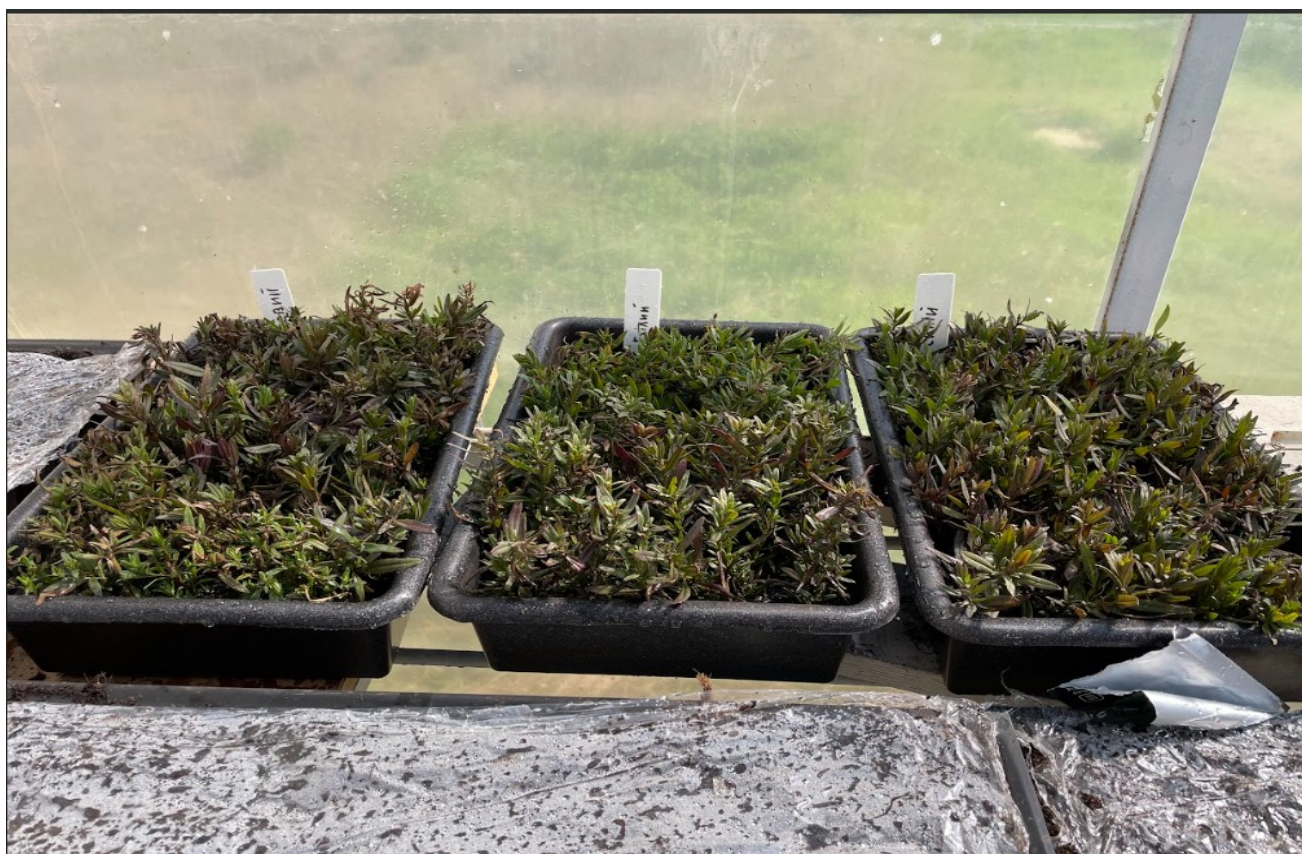
Додаток Б.3

Метеорологічні показники зони проведення дослідження у 2024 році

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Вологість повітря, %	Опади, мм	ГТК (за Селяніновим)	Σ Т понад 10 °С
Січень	I	0,62	99,21	38		
	II	2,61	98,93			
	III	-0,74	99,37			
Лютий	I	2,77	95,87	6,2		
	II	3,71	95,85			
	III	1,93	93,03			
Березень	I	-0,29	90,83	38,2		
	II	3,74	95,79			
	III	5,25	94,85			
Квітень	I	10,03	82,75	47,4	0,14	347,92
	II	12,15	81,94			
	III	12,61	84,78			
Травень	I	10,47	78,76	26,8	0,07	393,38
	II	11,08	73,78			
	III	17,12	65,36			
Червень	I	22,9	86,9	82,8	0,12	685,41
	II	22,12	79,27			
	III	23,5	58,11			
Липень	I	26,63	49,4	4,6	0,01	839,77
	II	30,06	42,96			
	III	24,79	56,11			
Серпень	I	24,02	65,24	23	0,03	753,44
	II	24,71	48,02			
	III	24,19	58,19			
Вересень	I	19,91	62,24	62	0,10	595,56
	II	20,71	62,49			
	III	18,84	66,54			
Жовтень	I	17,21	85,03	47,6	0,09	172,18
	II	9,83	92,28			
	III	8,44	90,22			
Листопад	I	4,03	80,23	31,1		
	II	3,78	93,47			
	III	0,91	97,43			
Грудень	I	0,71	98,99	35,2		
	II	2,93	95,11			
	III	2,09	99,39			
Усього				495,8	0,08	3787,66

Додаток В.1

Розмноження посадкового матеріалу гісопу лікарського



Додаток В.2

Схема досліджу

		Рік закладання ділянки			
		2021	2022	2023	
Фактор А - Сорт гісопу лікарського	Маркіз				Біочар+Граундфікс
					Біочар
					Граундфікс
					Контроль
	Національний				Біочар+Граундфікс
					Біочар
					Граундфікс
					Контроль
	Водограй				Біочар+Граундфікс
					Біочар
					Граундфікс
					Контроль
		3-х річна ділянка	2-х річна ділянка	1- річна ділянка	
Вік рослин в останній рік досліджень (2024.)					
					Фактор В - Біологічно активні препарати

Додаток В.3 Закладання плантацій гісопу лікарського



Додаток В.4

Закладання плантацій гісопу лікарського



Додаток Г.1

Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Водограй першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів,
2022 рік

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	34	33	33	30	38	37	32	38	32	39	34,6
	Кількість гілок першого періоду, шт	5	6	8	7	7	4	6	5	4	9	6,1
	Кількість гілок другого періоду, шт	29	26	28	30	21	23	30	28	26	28	26,9
	Вага рослин (зелена маса), г	177	185	185	163	156	170	145	147	161	157	164,6
	Кількість суцвіть, шт	10	12	11	9	11	10	9	14	13	9	10,8
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,64	0,64	0,62	0,63	0,64	0,61	0,62	0,64	0,64	0,61	0,63
Граундфікс®	Висота рослин, см	37	38	39	32	28	35	36	37	39	41	36,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	7	5	10	8	5	6	7	6	8	8	7,0
	Кількість гілок другого періоду, шт	30	18	34	28	38	32	29	28	35	32	30,4
	Вага рослин (зелена маса), г	221	235	198	162	170	221	265	243	238	261	221,4
	Кількість суцвіть, шт	10	10	18	17	15	18	12	15	15	22	15,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,85	0,85	0,86	0,87	0,85	0,87	0,84	0,84	0,86	0,86	0,86
Biochar Aktive	Висота рослин, см	31	29	30	33	35	31	29	30	30	34	31,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	9	6	10	6	9	9	7	8	5	6	7,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	32	23	22	33	24	30	25	25	29	28	27,1
	Вага рослин (зелена маса), г	180	176	188	179	172	206	177	193	213	219	190,3
	Кількість суцвіть, шт	12	11	16	18	19	13	14	13	10	10	13,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,76	0,77	0,79	0,8	0,84	0,81	0,82	0,81	0,78	0,79	0,80
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	30	32	36	37	34	31	33	39	38	40	35,0
	Кількість гілок першого періоду, шт	6	12	9	8	8	5	8	10	9	10	8,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	38	32	34	40	32	37	29	35	33	34	34,4
	Вага рослин (зелена маса), г	197	209	203	209	158	155	199	201	202	154	188,7
	Кількість суцвіть, шт	16	21	10	11	24	20	25	14	12	13	16,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,98	0,99	0,98	0,97	1	1,01	0,99	0,98	0,97	0,98	0,99

Додаток Г.2

Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту Водограй другого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2023 рік

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	35	39	40	31	30	32	34	36	35	34	34,6
	Кількість гілок першого періоду, шт	5	7	9	7	6	6	5	4	6	8	6,3
	Кількість гілок другого періоду, шт	28	22	29	26	31	30	27	26	23	31	27,3
	Вага рослин (зелена маса), г	180	175	210	140	160	205	240	185	212	196	190,3
	Кількість суцвіть, шт	9	8	11	10	9	12	14	10	11	15	10,9
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,62	0,63	0,64	0,65	0,62	0,65	0,64	0,63	0,65	0,62	0,64
Граундфікс®	Висота рослин, см	37	38	39	32	28	35	36	37	39	41	36,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	7	5	10	8	5	6	7	6	8	8	7,0
	Кількість гілок другого періоду, шт	30	18	34	28	38	32	29	28	35	32	30,4
	Вага рослин (зелена маса), г	221	235	198	162	170	221	265	243	238	261	221,4
	Кількість суцвіть, шт	10	10	18	17	15	18	12	15	15	22	15,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,69	0,68	0,72	0,71	0,7	0,7	0,68	0,69	0,68	0,7	0,70
Biochar Aktive	Висота рослин, см	36	35	39	29	31	32	29	35	31	36	33,3
	Кількість гілок першого періоду, шт	7	7	9	11	5	8	6	6	5	8	7,2
	Кількість гілок другого періоду, шт	32	24	28	26	25	23	28	29	35	33	28,3
	Вага рослин (зелена маса), г	225	242	223	230	185	179	254	236	225	267	226,6
	Кількість суцвіть, шт	11	10	16	19	21	22	12	13	12	24	16,0
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,68	0,66	0,66	0,69	0,7	0,68	0,67	0,69	0,68	0,7	0,68
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	39	40	40	30	32	34	38	39	37	40	36,9
	Кількість гілок першого періоду, шт	9	6	14	6	7	5	7	7	8	10	7,9
	Кількість гілок другого періоду, шт	34	20	32	31	41	27	31	34	40	38	32,8
	Вага рослин (зелена маса), г	240	260	240	150	200	240	310	280	250	270	244,0
	Кількість суцвіть, шт	12	11	21	21	29	22	14	17	15	28	19,0
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,74	0,76	0,78	0,77	0,78	0,78	0,75	0,77	0,74	0,75	0,76

Додаток Г.3

Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту Водограй третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2024 рік

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	58	57	52	60	59	62	47	61	45	46	54,7
	Кількість гілок першого періоду, шт	11	18	19	14	17	15	20	16	13	12	15,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	31	34	40	33	38	30	32	39	37	35	34,9
	Вага рослин (зелена маса), г	293	316	325	304	292	312	324	318	308	298	309,0
	Кількість суцвіть, шт	18	19	15	23	16	14	21	20	17	22	18,5
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,68	0,67	0,64	0,68	0,63	0,62	0,65	0,67	0,63	0,67	0,65
Граундфікс®	Висота рослин, см	48	45	61	54	58	49	62	60	51	52	54,0
	Кількість гілок першого періоду, шт	18	17	16	20	14	22	15	21	19	13	17,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	37	34	36	38	39	33	35	40	32	42	36,6
	Вага рослин (зелена маса), г	326	313	323	318	290	336	291	301	310	307	311,5
	Кількість суцвіть, шт	22	23	18	14	20	16	21	17	15	19	18,5
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,83	0,83	0,81	0,81	0,83	0,82	0,8	0,81	0,82	0,8	0,82
Biochar Aktive	Висота рослин, см	52	49	54	46	48	55	53	51	47	45	50,0
	Кількість гілок першого періоду, шт	18	17	16	20	14	22	15	21	19	23	18,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	35	41	34	40	36	37	42	39	33	38	37,5
	Вага рослин (зелена маса), г	294	325	306	334	324	308	320	319	342	310	318,2
	Кількість суцвіть, шт	21	19	23	15	25	24	20	22	16	17	20,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,7	0,67	0,71	0,68	0,71	0,69	0,68	0,68	0,65	0,67	0,68
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	52	46	50	60	64	59	58	48	56	49	54,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	22	16	25	17	21	24	20	19	15	23	20,2
	Кількість гілок другого періоду, шт	36	44	35	40	43	37	42	41	45	39	40,2
	Вага рослин (зелена маса), г	345	307	346	333	312	305	311	326	302	301	318,8
	Кількість суцвіть, шт	21	19	23	15	25	24	20	22	16	17	20,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,91	0,89	0,91	0,89	0,92	0,92	0,91	0,92	0,9	0,89	0,91

Додаток Г.4

**Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Маркіз першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів,
2022 рік**

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	37	34	30	37	35	33	34	38	32	29	33,9
	Кількість гілок першого періоду, шт	15	6	8	14	7	6	7	13	12	7	9,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	25	26	36	27	34	28	29	30	28	32	29,5
	Вага рослин (зелена маса), г	216	206	203	174	211	189	210	178	196	212	199,5
	Кількість суцвіть, шт	13	10	17	12	20	8	19	18	16	7	14
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,76	0,75	0,8	0,79	0,81	0,79	0,81	0,79	0,79	0,77	0,79
Граундфікс®	Висота рослин, см	39	39	30	31	30	39	40	40	34	29	35,1
	Кількість гілок першого періоду, шт	6	5	5	8	7	10	7	10	9	5	7,2
	Кількість гілок другого періоду, шт	34	29	27	31	39	36	32	29	34	38	32,9
	Вага рослин (зелена маса), г	245	240	256	250	228	276	235	190	184	264	236,8
	Кількість суцвіть, шт	21	17	13	23	15	24	22	20	16	18	18,9
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,92	0,89	0,9	0,89	0,89	0,88	0,89	0,91	0,89	0,89	0,90
Biochar Aktive	Висота рослин, см	31	39	30	27	40	25	34	27	33	35	32,1
	Кількість гілок першого періоду, шт	8	6	9	5	8	7	7	8	9	5	7,2
	Кількість гілок другого періоду, шт	30	32	28	34	25	25	27	26	27	28	28,2
	Вага рослин (зелена маса), г	215	235	225	242	205	229	239	211	216	220	223,7
	Кількість суцвіть, шт	15	17	11	9	13	10	10	13	12	15	12,5
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,79	0,83	0,82	0,79	0,83	0,79	0,8	0,79	0,81	0,79	0,80
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	45	35	41	37	40	44	43	36	42	39	40,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	7	10	9	10	11	10	12	10	8	9	9,6
	Кількість гілок другого періоду, шт	23	31	29	31	35	37	32	29	34	23	30,4
	Вага рослин (зелена маса), г	289	258	302	269	296	257	302	314	267	314	286,8
	Кількість суцвіть, шт	11	13	12	15	18	16	22	24	9	23	16,3
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,98	0,95	0,98	0,97	1	0,99	0,99	1,02	0,98	0,99	0,99

Додаток Г.5

**Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Маркіз другого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів,
2023 рік**

Біологічно активні препарати	Тип живлення	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	38	29	35	39	37	31	34	30	36	29	33,8
	Кількість гілок першого періоду, шт	9	5	12	14	11	11	10	9	12	13	10,6
	Кількість гілок другого періоду, шт	38	24	43	48	57	25	29	38	45	39	38,6
	Вага рослин (зелена маса), г	352	250	201	324	375	340	285	310	354	308	309,9
	Кількість суцвіть, шт	28	18	23	4	45	35	29	38	27	32	27,9
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,69	0,71	0,69	0,66	0,68	0,66	0,67	0,66	0,65	0,67	0,67
Граундфікс®	Висота рослин, см	37	29	40	43	43	42	38	41	39	30	38,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	8	7	9	10	11	9	8	12	10	8	9,2
	Кількість гілок другого періоду, шт	49	37	47	39	51	41	35	49	41	38	42,7
	Вага рослин (зелена маса), г	320	210	335	294	255	283	265	315	290	277	284,4
	Кількість суцвіть, шт	27	15	18	15	22	17	15	20	6	17	17,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,69	0,68	0,69	0,68	0,74	0,69	0,68	0,68	0,69	0,7	0,69
Biochar Aktive	Висота рослин, см	38	34	41	35	37	38	32	34	29	43	36,1
	Кількість гілок першого періоду, шт	10	8	9	7	7	8	9	5	10	11	8,4
	Кількість гілок другого періоду, шт	43	31	55	34	25	21	25	33	42	27	33,6
	Вага рослин (зелена маса), г	420	280	320	255	238	371	332	284	353	381	323,4
	Кількість суцвіть, шт	9	12	23	7	14	17	22	26	21	16	16,7
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,69	0,71	0,69	0,68	0,68	0,71	0,71	0,69	0,7	0,69	0,70
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	40	46	36	37	36	32	43	37	36	32	37,5
	Кількість гілок першого періоду, шт	10	9	8	9	8	12	11	12	10	7	9,6
	Кількість гілок другого періоду, шт	33	26	25	38	25	23	26	42	28	34	30
	Вага рослин (зелена маса), г	360	450	350	390	340	300	350	400	350	380	367
	Кількість суцвіть, шт	25	11	3	18	12	9	16	34	19	9	15,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,75	0,7	0,72	0,77	0,78	0,72	0,73	0,76	0,75	0,77	0,75

Додаток Г.6

**Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Маркіз третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів,
2024 рік**

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	57	55	61	63	58	67	52	55	68	70	60,6
	Кількість гілок першого періоду, шт	16	15	22	12	23	16	13	18	25	19	17,9
	Кількість гілок другого періоду, шт	25	36	28	24	30	27	19	33	28	26	27,6
	Вага рослин (зелена маса), г	256	287	241	246	254	308	312	297	316	281	279,8
	Кількість суцвіть, шт	16	15	14	21	22	23	12	20	11	10	16,4
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,67	0,67	0,69	0,71	0,7	0,72	0,69	0,72	0,68	0,66	0,69
Граундфікс®	Висота рослин, см	58	54	63	72	61	59	67	70	69	59	63,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	25	13	27	24	18	21	15	23	20	14	20
	Кількість гілок другого періоду, шт	36	33	29	40	28	31	38	32	35	37	33,9
	Вага рослин (зелена маса), г	252	268	319	320	290	292	332	257	283	334	294,7
	Кількість суцвіть, шт	19	10	24	15	28	20	25	13	26	22	20,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,9	0,88	0,9	0,87	0,89	0,92	0,91	0,87	0,9	0,92	0,90
Biochar Aktive	Висота рослин, см	62	50	45	48	55	52	61	64	70	65	57,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	17	15	16	12	20	21	18	13	14	19	16,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	45	50	41	52	49	53	55	54	40	47	48,6
	Вага рослин (зелена маса), г	386	405	407	402	333	399	320	323	327	420	372,2
	Кількість суцвіть, шт	32	23	21	15	16	18	25	22	26	27	22,5
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,74	0,73	0,7	0,67	0,71	0,68	0,74	0,72	0,73	0,71	0,71
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	69	70	71	61	74	72	63	59	57	48	64,4
	Кількість гілок першого періоду, шт	15	17	20	23	16	25	19	18	21	22	19,6
	Кількість гілок другого періоду, шт	49	45	48	59	52	58	50	47	60	46	51,4
	Вага рослин (зелена маса), г	350	444	427	386	435	415	361	355	382	432	398,7
	Кількість суцвіть, шт	33	20	25	22	37	19	21	35	39	34	28,5
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,96	0,89	0,89	0,93	0,96	0,89	0,93	0,95	0,92	0,95	0,93

Додаток Г.7

**Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Національний першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних
препаратів, 2022 рік**

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	38	29	31	30	32	33	35	37	34	36	33,5
	Кількість гілок першого періоду, шт	9	5	6	7	3	10	8	4	9	8	6,9
	Кількість гілок другого періоду, шт	34	38	36	29	37	25	24	23	27	43	31,6
	Вага рослин (зелена маса), г	196	223	214	228	206	185	221	195	170	172	201
	Кількість суцвіть, шт	12	19	10	13	12	15	16	11	20	18	14,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,63	0,62	0,6	0,64	0,59	0,61	0,63	0,59	0,64	0,6	0,62
Граундфікс®	Висота рослин, см	29	34	35	35	39	38	30	38	31	38	34,7
	Кількість гілок першого періоду, шт	9	5	6	7	8	6	9	5	10	9	7,4
	Кількість гілок другого періоду, шт	17	16	30	33	27	15	26	18	34	31	24,7
	Вага рослин (зелена маса), г	217	222	241	233	215	231	237	225	246	205	227,2
	Кількість суцвіть, шт	20	15	18	17	8	10	14	13	12	19	14,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,7	0,69	0,72	0,7	0,71	0,7	0,71	0,71	0,69	0,72	0,71
Biochar Aktive	Висота рослин, см	38	36	35	42	42	37	38	36	39	34	37,7
	Кількість гілок першого періоду, шт	6	5	12	6	4	6	8	4	11	9	7,1
	Кількість гілок другого періоду, шт	20	21	20	26	28	18	16	19	22	23	21,3
	Вага рослин (зелена маса), г	221	184	206	225	179	191	178	199	230	232	204,5
	Кількість суцвіть, шт	19	13	25	21	16	23	15	12	18	14	17,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,64	0,61	0,65	0,64	0,62	0,63	0,63	0,61	0,65	0,63	0,63
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	32	31	30	29	35	33	39	40	37	34	34
	Кількість гілок першого періоду, шт	6	7	5	10	5	11	7	8	12	12	8,3
	Кількість гілок другого періоду, шт	39	34	34	40	31	33	34	38	336	32	65,1
	Вага рослин (зелена маса), г	249	181	186	214	225	204	219	245	234	196	215,3
	Кількість суцвіть, шт	24	25	20	15	19	21	22	16	18	14	19,4
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,9	0,89	0,89	0,9	0,87	0,9	0,89	0,86	0,89	0,86	0,89

Додаток Г.8

**Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Національний другого року вегетації залежно від внесення біологічно активних
препаратів, 2023 рік**

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	45	35	52	43	38	41	38	39	40	34	40,5
	Кількість гілок першого періоду, шт	7	9	9	1	9	8	9	9	10	7	7,8
	Кількість гілок другого періоду, шт	47	22	26	48	63	37	40	28	30	28	36,9
	Вага рослин (зелена маса), г	270	186	254	358	324	305	281	314	265	232	278,9
	Кількість суцвіть, шт	27	17	16	32	33	30	21	18	24	15	23,3
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,54	0,52	0,54	0,57	0,57	0,54	0,53	0,55	0,56	0,54	0,55
Граундфікс®	Висота рослин, см	38	35	36	33	39	40	33	35	34	41	36,4
	Кількість гілок першого періоду, шт	10	9	7	7	6	8	5	6	7	9	7,4
	Кількість гілок другого періоду, шт	37	18	29	32	33	34	20	28	31	35	29,7
	Вага рослин (зелена маса), г	305	250	186	197	210	324	206	234	210	335	245,7
	Кількість суцвіть, шт	20	13	11	23	26	18	15	22	21	25	19,4
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,64	0,63	0,62	0,65	0,66	0,63	0,62	0,64	0,66	0,65	0,64
Biochar Aktive	Висота рослин, см	42	37	41	43	43	38	40	41	43	39	40,7
	Кількість гілок першого періоду, шт	5	12	11	5	8	9	11	6	8	10	8,5
	Кількість гілок другого періоду, шт	21	29	22	34	24	26	25	20	27	30	25,8
	Вага рослин (зелена маса), г	240	382	320	210	204	265	287	270	309	334	282,1
	Кількість суцвіть, шт	27	27	13	33	21	25	30	22	28	25	25,1
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,64	0,63	0,6	0,64	0,61	0,63	0,66	0,6	0,61	0,62	0,62
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	30	40	42	40	32	38	32	34	40	35	36,3
	Кількість гілок першого періоду, шт	6	10	12	9	8	10	9	10	8	11	9,3
	Кількість гілок другого періоду, шт	37	32	35	43	30	32	34	38	32	35	34,8
	Вага рослин (зелена маса), г	205	230	255	276	234	240	278	250	210	265	244,3
	Кількість суцвіть, шт	28	15	21	27	22	25	18	27	24	20	22,7
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,75	0,71	0,72	0,74	0,73	0,73	0,7	0,75	0,73	0,74	0,73

Додаток Г.9

**Морфометричні показники структурних елементів рослин гісопу лікарського сорту
Національний третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних
препаратів, 2024 рік**

Біологічно активні препарати	Показник	Зразок										Середній показник
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Контроль (без обробки)	Висота рослин, см	46	60	50	51	54	43	57	59	55	47	52,2
	Кількість гілок першого періоду, шт	20	15	16	19	13	13	12	14	17	21	16
	Кількість гілок другого періоду, шт	36	38	47	35	46	45	40	44	39	43	41,3
	Вага рослин (зелена маса), г	293	290	276	307	324	302	333	326	301	325	307,7
	Кількість суцвіть, шт	19	17	23	18	28	27	16	26	15	25	21,4
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,59	0,6	0,58	0,6	0,59	0,61	0,62	0,58	0,62	0,6	0,60
Граундфікс®	Висота рослин, см	48	57	44	54	58	59	56	43	49	55	52,3
	Кількість гілок першого періоду, шт	17	15	19	13	16	22	18	12	21	20	17,3
	Кількість гілок другого періоду, шт	50	48	41	36	42	37	35	49	39	44	42,1
	Вага рослин (зелена маса), г	331	306	325	317	280	313	350	287	304	287	310
	Кількість суцвіть, шт	25	21	28	23	17	19	15	16	24	20	20,8
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,86	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,85	0,84	0,87	0,87	0,86
Biochar Aktive	Висота рослин, см	46	49	59	55	58	47	54	52	44	45	50,9
	Кількість гілок першого періоду, шт	17	15	19	13	16	22	18	12	21	20	17,3
	Кількість гілок другого періоду, шт	36	43	44	49	45	42	51	41	47	48	44,6
	Вага рослин (зелена маса), г	319	318	311	281	339	293	328	314	320	296	311,9
	Кількість суцвіть, шт	19	25	24	26	21	18	28	16	17	22	21,6
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,61	0,64	0,66	0,65	0,66	0,62	0,64	0,63	0,61	0,65	0,64
Biochar Aktive + Граундфікс®	Висота рослин, см	58	46	60	57	50	63	48	52	45	47	52,6
	Кількість гілок першого періоду, шт	17	15	21	16	23	20	25	19	22	18	19,6
	Кількість гілок другого періоду, шт	46	41	40	50	43	53	54	45	49	44	46,5
	Вага рослин (зелена маса), г	338	305	287	310	378	314	323	312	363	334	326,4
	Кількість суцвіть, шт	23	30	22	33	18	35	34	27	19	21	26,2
	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	0,88	0,86	0,84	0,85	0,83	0,88	0,87	0,86	0,87	0,83	0,86

Додаток Д.1

Врожайність рослин гісопу лікарського першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2022 рік

1 рік життя												
Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Перше скошування, г на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Перше скошування Збір ефірної олії, л на 1 рослину	Перше скошування Збір ефірної олії, л/га	Друге скошування, г на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Друге скошування, Збір ефірної олії, л на 1 рослину	Друге скошування, Збір ефірної олії, л/га	Маса зеленої маси за вегетацію, г на 1 рослину	Маса зеленої маси за вегетацію, т/га	Умовний валовий збір ефірної олії, л/га
Маркіз	Контроль (без обробки)	199,5	0,79	0,00157	15,14	120,6	0,78	0,00094	9,08	320,1	3,05	24,21
	Граундфікс	236,8	0,9	0,00212	20,46	145,2	0,9	0,0013	12,54	382	3,64	33
	Біочар	223,7	0,8	0,0018	17,36	135,4	0,82	0,00111	10,72	359,1	3,42	28,08
	Біочар + Граундфікс	286,8	0,99	0,00282	27,27	194,3	0,98	0,0019	18,38	481,1	4,85	45,65
Національний	Контроль (без обробки)	201	0,62	0,00124	11,93	124,7	0,63	0,00079	7,58	325,7	3,1	19,51
	Граундфікс	227,2	0,71	0,0016	15,46	152,1	0,69	0,00105	10,13	379,3	3,61	25,59
	Біочар	204,5	0,63	0,00129	12,45	129,5	0,63	0,00082	7,89	334	3,18	20,34
	Біочар + Граундфікс	235,3	0,89	0,00208	20,1	156,9	0,84	0,00132	12,72	392,2	3,73	32,82
Водограй	Контроль (без обробки)	164,6	0,63	0,00104	9,99	108,4	0,62	0,00067	6,49	273	2,6	16,48
	Граундфікс	188,7	0,86	0,00161	15,57	122,4	0,85	0,00104	10,04	311,1	2,96	25,61
	Біочар	190,3	0,8	0,00152	14,64	126,7	0,79	0,001	9,66	317	3,02	24,3
	Біочар + Граундфікс	221,4	0,99	0,00218	21,07	147,6	0,97	0,00143	13,82	369	3,51	34,89
Середнє по сортам	Контроль (без обробки)	188,37	0,68	0,00128	12,35	117,9	0,68	0,0008	7,72	306,27	2,92	20,07
	Граундфікс	217,57	0,82	0,00178	17,16	139,9	0,81	0,00113	10,9	357,47	3,4	28,07
	Біочар	206,17	0,74	0,00154	14,82	130,53	0,75	0,00098	9,42	336,7	3,21	24,24
	Біочар + Граундфікс	247,83	0,95	0,00236	22,81	166,27	0,93	0,00155	14,97	414,1	4,03	37,78

Додаток Д.2

Врожайність рослин гісопу лікарського другого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2023 рік

2 рік життя												
Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Перше скошування, г на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Перше скошування Збір ефірної олії, л на 1 рослину	Перше скошування Збір ефірної олії, л/га	Друге скошування, г на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Друге скошування, Збір ефірної олії, л на 1 рослину	Друге скошування, Збір ефірної олії, л/га	Маса зеленої маси за вегетацію, г на 1 рослину	Маса зеленої маси за вегетацію, т/га	Умовний валовий збір ефірної олії, л/га
Маркіз	Контроль (без обробки)	309,9	0,67	0,00209	20,16	266,9	0,65	0,00173	16,74	576,8	3,98	36,91
	Граундфікс	284,4	0,69	0,00197	19	228,4	0,69	0,00158	15,26	512,8	5,1	34,25
	Біочар	323,4	0,7	0,00225	21,69	250,4	0,68	0,0017	16,43	573,8	5,8	38,13
	Біочар + Граундфікс	367	0,75	0,00273	26,39	302	0,73	0,0022	21,28	669	6,61	47,67
Національний	Контроль (без обробки)	278,9	0,55	0,00152	14,7	209,9	0,54	0,00113	10,94	488,8	3,56	25,64
	Граундфікс	245,7	0,64	0,00157	15,18	190,7	0,64	0,00122	11,78	436,4	3,89	26,96
	Біочар	282,1	0,62	0,00176	16,99	206,1	0,6	0,00124	11,94	488,2	5,01	28,93
	Біочар + Граундфікс	244,3	0,73	0,00178	17,21	210,3	0,72	0,00151	14,61	454,6	6,12	31,83
Водограй	Контроль (без обробки)	190,3	0,64	0,00121	11,66	144,3	0,6	0,00087	8,36	334,6	3,43	20,02
	Граундфікс	221,4	0,7	0,00154	14,85	170,4	0,68	0,00116	11,18	391,8	4,24	26,04
	Біочар	226,6	0,68	0,00154	14,89	163,6	0,65	0,00106	10,26	390,2	4,58	25,16
	Біочар + Граундфікс	244	0,76	0,00186	17,95	181	0,78	0,00141	13,63	425	4,98	31,57
Середнє по сортам	Контроль (без обробки)	259,7	0,62	0,00161	15,51	207,03	0,6	0,00124	12,01	466,73	3,66	27,52
	Граундфікс	250,5	0,68	0,00169	16,34	196,5	0,67	0,00132	12,74	447	4,41	29,08
	Біочар	277,37	0,67	0,00185	17,86	206,7	0,64	0,00133	12,88	484,07	5,13	30,74
	Біочар + Граундфікс	285,1	0,75	0,00213	20,52	231,1	0,74	0,00171	16,51	516,2	5,9	37,02

Додаток Д.3

Врожайність рослин гісопу лікарського третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів, 2024 рік

3 рік життя												
Сорт (фактор А)	Біологічно активні препарати (фактор В)	Перше скошування, г на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Перше скошування Збір ефірної олії, л на 1 рослину	Перше скошування Збір ефірної олії, л/га	Друге скошування, г на 1 рослину	Масова частка ефірної олії від зеленої маси, % (бутонізація – цвітіння)	Друге скошування, Збір ефірної олії, л на 1 рослину	Друге скошування, Збір ефірної олії, л/га	Маса зеленої маси за вегетацію, г на 1 рослину	Маса зеленої маси за вегетацію, т/га	Валовий збір ефірної олії, л/га
Маркіз	Контроль (без обробки)	279,8	0,69	0,00193	18,66	231,8	0,68	0,00158	15,21	511,6	3,65	33,88
	Граундфікс	294,7	0,9	0,00264	25,49	244,7	0,88	0,00215	20,78	539,4	4,07	46,27
	Біочар	372,2	0,71	0,00265	25,61	317,2	0,71	0,00226	21,83	689,4	4,67	47,44
	Біочар + Граундфікс	398,7	0,93	0,0037	35,67	348,7	0,92	0,00321	30,96	747,4	5,69	66,64
Національний	Контроль (без обробки)	307,7	0,6	0,00184	17,79	244,7	0,59	0,00144	13,93	552,4	3,58	31,72
	Граундфікс	310	0,86	0,00265	25,58	260	0,84	0,00218	21,08	570	3,68	46,66
	Біочар	311,9	0,64	0,00199	19,18	247,9	0,63	0,00156	15,07	559,8	4,24	34,25
	Біочар + Граундфікс	326,4	0,86	0,0028	27	289,4	0,87	0,00252	24,3	615,8	4,93	51,3
Водограй	Контроль (без обробки)	309	0,65	0,00202	19,51	281	0,63	0,00177	17,09	590	3,2	36,59
	Граундфікс	311,5	0,82	0,00254	24,53	244,5	0,82	0,002	19,26	556	3,63	43,79
	Біочар	318,2	0,68	0,00218	21,01	268,2	0,67	0,0018	17,34	586,4	4,2	38,35
	Біочар + Граундфікс	318,8	0,91	0,00289	27,88	263,8	0,91	0,00239	23,07	582,6	4,74	50,95
Середнє по сортам	Контроль (без обробки)	298,83	0,65	0,00193	18,65	252,5	0,63	0,0016	15,41	551,33	3,48	34,06
	Граундфікс	305,4	0,86	0,00261	25,2	249,73	0,85	0,00211	20,37	555,13	3,79	45,57
	Біочар	334,1	0,68	0,00227	21,93	277,77	0,67	0,00187	18,08	611,87	4,37	40,02
	Біочар + Граундфікс	347,97	0,9	0,00313	30,18	300,63	0,9	0,00271	26,11	648,6	5,12	56,29

Додаток Є.1
Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів
(контроль без обробки), 2022 рік

Культура Площа ділянки Попередник		Гісоп лікарський (Hyssopus officinalis) 1 га Озима пшениця															
№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка				Виконавець				Всього на етап грн			
						Амортизація грн/фіз. одиницю		Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн	кількість	Тарифна ставка грн	оплата					
1	Обробіток ґрунту	I дек. 09	Дискування стерні	га	1	John Deere 8320R	360,00	Дискова борона RUBIN 10/600 KUA	52,50	302,50	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 09	Підвезення добрив	т	0,12	CA3-3507	50,00			259,00	водій	1	124,00	124,00			
		II дек. 09	Внесенням добрив	га	1	MT3-82.1	36,00	РМД-1000	9,00	68,25	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 09	Оранка	га	1	John Deere 8320R	360,00	плуг JD 3810	112,50	1260,00	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 9	Боронування	га	1	MT3-2022.3	62,50	Борона гідравлична БГ-19	9,75	48,83	тракторист	1	172,00	172,00			
	Всього на етап						868,50		183,75	1938,58				812,00	3802,83		
2	Посадка	III дек. 10	Передпосівна культивация	га	1	John Deere 8320R	360,00	Культиватор Great Plains 8539FCC	43,75	157,50	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 10	Підвезення води	т	25	GA3-5312	43,50				водій	1	426,00	426,00			
		III дек. 10	Підвезення садивного матеріалу	т	0,5	CA3-3507	50,00				водій	1	124,00	124,00			
		III дек. 10	Посадка	т	0,5						робітник	5	1 638,00	8 190,00			
			Всього на етап					453,50		43,75	157,50				8 912,00	9566,75	
3	Догляд	II дек. 5	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 5	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
			Всього на етап				72,00		57,14	522,40				344,00	995,54		
2	Скошування	II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00			
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00			
			Всього на етап				86,00		18,75	650,80				3 172,00	3 927,55		
3	Догляд	II дек. 7	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 7	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
			Всього на етап				72,00		57,14	522,40				344,00	995,54		
4	Скошування	III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00			
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00			
			Всього на етап				86,00		18,75	650,80				2 672,00	3 427,55		
7	Догляд	II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т	0,4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00			
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00			
			Всього на етап				36,00		18,75	391,80				1 972,00	2 418,55		
	Всього															25134,31	
		Кількість	Одиниця	Ціна грн	Загальна вартість грн												
Непередбачувані с/г роботи		1		3 400,00									3 400,00				
Садивний матеріал		10475	шт	5,00									52 375,00				
Потреба в добривах:																	
Калійна сіль		60	кг	130,00									7 800,00				
Суперфосфат, кг		120	кг	130,00									15 600,00				
Всього												79 175,00					
Всього витрат на гектар												104 309,31					

Додаток Є.2

Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів (Biochar Aktive), 2022 рік

Культура		Гісоп лікарський (Hyssopus officinalis)													
Площа ділянки		1 га													
Попередник		Озима пшениця													
№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка				Виконавець				Всього на етап грн	
				га	т	Амортизація грн/фіз. одиницю	Техніка	Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн	кількість	Тарифна ставка грн	оплата			
1	Обробіток ґрунту	I дек. 09	Дискування стерні	га	1	John Deere 8320R	360,00	Дискова борона RUBIN 10/600 KUA	52,50	302,50	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 09	Підвезення добрив	т	0,12	CA3-3507	50,00			259,00	водій	1	124,00	124,00	
		II дек. 09	Внесенням добрив	га	1	MT3-82.1	36,00	РМД-1000	9,00	68,25	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 09	Оранка	га	1	John Deere 8320R	360,00	плуг JD 3810	112,50	1260,00	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 9	Боронування	га	1	MT3-2022.3	62,50	Борона гідравлична БГ-19	9,75	48,83	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						868,50		183,75	1938,58				812,00	3802,83
2	Посадка	III дек. 10	Передпосівна культивування	га	1	John Deere 8320R	360,00	Культиватор Great Plains 8539FCC	43,75	157,50	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 10	Підвезення води	т	25	ГА3-5312	43,50				водій	1	426,00	426,00	
		III дек. 10	Підвезення садового матеріалу	т	0,5	CA3-3507	50,00				водій	1	124,00	124,00	
		III дек. 10	Підвезення добрив	т	0,12	CA3-3507	50,00				водій	1	124,00	124,00	
		III дек. 10	Посадка з добривами	т	0,5						робітник	5	1 638,00	8 190,00	
	Всього на етап						503,50		43,75	157,50				9 036,00	9740,75
3	Догляд	II дек. 5	Міжрядна культивування	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 5	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
2	Скошування	II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				3 172,00	3 927,55
3	Догляд	II дек. 7	Міжрядна культивування	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 7	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
4	Скошування	III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				2 672,00	3 427,55
7	Догляд	II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т	0,4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00	
	Всього на етап						36,00		18,75	391,80				1 972,00	2 418,55
	Всього														25308,31
Непередбачувані с/г роботи				Кількість	Одиниця	Ціна грн	Загальна вартість грн								
Садивний матеріал				10475	шт	5,00	52 375,00								
Потреба в добривах:															
Калійна сіль				60	кг	130,00	7 800,00								
Суперфосфат, кг				120	кг	130,00	15 600,00								
Біочар актив				100	кг	90,00	9 000,00								
Всього							88 175,00								
Всього витрат на гектар							113 483,31								

Додаток Є.3

Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів (Граундфікс®), 2022 рік

Культура		Гісоп лікарський (Hyssopus officinalis)																			
Площа ділянки		1 га																			
Попередник		Озима пшениця																			
№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка						Виконавець				Всього на етап грн					
						Амортизація грн/фіз. одиницю	Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн	кількість	Тарифна ставка грн	оплата										
1	Обробіток ґрунту	I дек. 09 II дек. 09	Дискування стерні Підвезення добрив	га	1 0,12	John Deere 8320R CA3-3507	360,00 50,00	Дискова борона RUBIN 10/600 KUA	52,50		302,50 259,00	тракторист водій	1 1	172,00 124,00	172,00 124,00						
		II дек. 09	Внесення добрив	га	1	MT3-82.1	36,00	РМД-1000	9,00		68,25	тракторист	1	172,00	172,00						
		III дек. 09 III дек. 9	Оранка Боронування	га	1 1	John Deere 8320R MT3-2022.3	360,00 62,50	плуг JD 3810 Борона гідравлична БГ-19	112,50 9,75		1260,00 48,83	тракторист тракторист	1 1	172,00 172,00	172,00 172,00						
	Всього на етап						868,50		183,75	1938,58				812,00	3802,83						
2	Посадка	III дек. 10	Передпосівна культивация	га	1	John Deere 8320R	360,00	Культиватор Great Plains 8539FCC	43,75		157,50	тракторист	1	172,00	172,00						
		III дек. 10	Підвезення води	т	25	ГА3-5312	43,50					водій	1	426,00	426,00						
		III дек. 10	Підвезення садового матеріалу	т	0,5	CA3-3507	50,00					водій	1	124,00	124,00						
		III дек. 10 III дек. 10	Підвезення добрив Посадка з добривами	т	0,12 0,5	CA3-3507	50,00					водій робітник	1 5	124,00 638,00	124,00 8 190,00						
	Всього на етап						503,50		43,75	157,50				9 036,00	9740,75						
3	Догляд	II дек. 5	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1		36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00						
		II дек. 5	Рядне прополовання	га	1	MT3-82.1	36,00		КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00						
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54						
2	Скошування	II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00		КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00						
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4						259,00	робітник	2	900,00	1 800,00						
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00					водій	1	200,00	1 200,00						
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				3 172,00	3 927,55						
3	Догляд	II дек. 7	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00		КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00						
		II дек. 7	Рядне прополовання	га	1	MT3-82.1	36,00		КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00						
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54						
4	Скошування	III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00		КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00						
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4						259,00	робітник	2	900,00	1 800,00						
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00					водій	1	700,00	700,00						
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				2 672,00	3 427,55						
7	Догляд	II дек. 10 II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі Збирання та навантаження	га	1 0,4	MT3-82.1	36,00		КСП-2,1	18,75	391,80 259,00	тракторист робітник	1 2	172,00 900,00	172,00 1 800,00						
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5							робітник	3	638,00	4 914,00						
	Всього на етап						36,00		18,75	391,80				1 972,00	2 418,55						
	Всього														25308,31						
Непередбачувані с/г роботи				Кількість	Одиниця	Ціна грн	Загальна вартість грн														
Садивний матеріал				10475	шт	3 400,00	3 400,00														
Потреба в добривах:						5,00	52 375,00														
Калійна сіль				60	кг	130,00	7 800,00														
Суперфосфат, кг				120	кг	130,00	15 600,00														
Граундфікс				5	л	225,00	1 125,00														
Всього							80 300,00														
Всього витрат на гектар							105 608,31														

Додаток Є.4
Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського першого року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів
(Biochar Aktive + Граундфікс®), 2022 рік

№ п/п	Культура	Гісоп лікарський (<i>Hyssopus officinalis</i>)			Площа ділянки	1 га	Попередник	Озима пшениця						Всього на етап грн		
№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць	Техніка								Виконавець			Всього на етап грн
1	Обробіток ґрунту				Амортизація грн/фіз. одиницю		Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн	кількість	Тарифна ставка грн	оплата					
		I дек. 09	Дискування стерні	га 1	John Deere 8320R	360,00	Дискова борона RUBIN 10/600 КУА	52,50	302,50	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 09	Підвезення добрив	т 0,12	CA3-3507	50,00		259,00	водій	1	124,00	124,00				
		II дек. 09	Внесенням добрив	га 1	MT3-82.1	36,00	РМД-1000	9,00	68,25	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 09	Оранка	га 1	John Deere 8320R	360,00	плуг JD 3810	112,50	1260,00	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 9	Боронування	га 1	MT3-2022.3	62,50	Борона гідравлична БГ-19	9,75	48,83	тракторист	1	172,00	172,00			
	Всього на етап					868,50		183,75	1938,58			812,00	3802,83			
2	Посадка															
		III дек. 10	Передпосівна культивування	га 1	John Deere 8320R	360,00	Культиватор Great Plains 8539FCC	43,75	157,50	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 10	Підвезення води	т 25	GA3-5312	43,50				водій	1	426,00	426,00			
		III дек. 10	Підвезення садивного матеріалу	т 0,5	CA3-3507	50,00				водій	1	124,00	124,00			
		III дек. 10	Підвезення добрив	т 0,12	CA3-3507	50,00				водій	1	124,00	124,00			
		III дек. 10	Посадка з добривами	т 0,5						робітник	5	1 638,00	8 190,00			
	Всього на етап					503,50		43,75	157,50			9 036,00	9740,75			
3	Догляд															
		II дек. 5	Міжрядна культивування	га 1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 5	Рядне прополовання	га 1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
	Всього на етап					72,00		57,14	522,40			344,00	995,54			
4	Скошування															
		II дек. 06	Скошування	га 1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т 4				259,00		робітник	2	900,00	1 800,00			
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т 4	CA3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00			
	Всього на етап					86,00		18,75	650,80			3 172,00	3 927,55			
5	Догляд															
		II дек. 7	Міжрядна культивування	га 1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 7	Рядне прополовання	га 1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00			
	Всього на етап					72,00		57,14	522,40			344,00	995,54			
6	Скошування															
		III дек. 08	Скошування	га 1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00			
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т 4				259,00		робітник	2	900,00	1 800,00			
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т 4	CA3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00			
	Всього на етап					86,00		18,75	650,80			2 672,00	3 427,55			
7	Догляд															
		II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га 1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00			
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т 0,4				259,00		робітник	2	900,00	1 800,00			
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т 0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00			
	Всього на етап					36,00		18,75	391,80			1 972,00	2 418,55			
	Всього												25308,31			
			Кількість	Одиниця	Ціна грн	Загальна вартість грн										
	Непередбачувані с/г роботи		1		3 400,00	3 400,00										
	Садивний матеріал		10475	шт	5,00	52 375,00										
	Потреба в добривах:															
	Калійна сіль		60	кг	130,00	7 800,00										
	Суперфосфат, кг		120	кг	130,00	15 600,00										
	Біочар актив		100	кг	90,00	9 000,00										
	Граундфікс		5	л	225,00	1 125,00										
	Всього					89 300,00										
	Всього витрат на гектар					114 608,31										

Додаток Є.5

Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів (Контроль без обробки), 2024 рік

№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка				Виконавець				Всього на етап грн	
1	Догляд					Амортизація грн/фіз. одиницю		Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн		кількість	Тарифна ставка грн	оплата		
		II дек. 5	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 5	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
2	Скошування														
		II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	СА3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				3 172,00	3 927,55
3	Догляд														
		II дек. 7	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 7	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
4	Скошування														
		III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	СА3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				2 672,00	3 427,55
5	Догляд														
		II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т	0,4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00	
	Всього на етап						36,00		18,75	391,80				1 972,00	2 418,55
	Всього														11764,73
			Кількість		Одиниця		Ціна грн			Загальна вартість грн					
	Непередбачувані с/г роботи		1				3 400,00			3 400,00					
	Садивний матеріал	952		шт			5,00			4 760,00					
	Потреба в добривах:														
	Всього									8 160,00					
	Всього витрат на гектар									19 924,73					

Додаток Є.6

Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів (Biochar Aktive), 2024 рік

№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка				Виконавець				Всього на етап грн
				га	шт	Амортизація грн/фіз. одиницю	КРНВ-5,6	Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн	кількість	Тарифна ставка грн	оплата		
	Культура Площа ділянки Попередник	Гісоп лікарський (Hyssopus officinalis) 1 га Озима пшениця												
1	Догляд													
		II дек. 5	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00
		II дек. 5	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00
2	Скошування													
		II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				3 172,00
3	Догляд													
		II дек. 7	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00
		II дек. 7	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00
4	Скошування													
		III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	CA3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				2 672,00
5	Догляд													
		II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т	0,4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00
	Всього на етап						36,00		18,75	391,80				1 972,00
	Всього													11764,73
Непередбачувані с/г роботи				Кількість	Одиниця	Ціна грн	Загальна вартість грн							
Садивний матеріал				1		3 400,00	3 400,00							
Потреба в добривах:				952	шт	5,00	4 760,00							
Всього							8 160,00							
Всього витрат на гектар							19 924,73							

Додаток Є.7

Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів (Граундфікс®), 2024 рік

№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка				Виконавець				Всього на етап грн	
1	Догляд					Амортизація грн/фіз. одиницю		Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн		кількість	Тарифна ставка грн	оплата		
		II дек. 5	Міжрядна культивування	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 5	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
2	Скошування														
		II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4				259,00		робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	СА3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				3 172,00	3 927,55
3	Догляд														
		II дек. 7	Міжрядна культивування	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 7	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
4	Скошування														
		III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4				259,00		робітник	2	900,00	1 800,00	
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	СА3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				2 672,00	3 427,55
5	Догляд														
		II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т	0,4				259,00		робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00	
	Всього на етап						36,00		18,75	391,80				1 972,00	2 418,55
	Всього														11764,73
Непередбачувані с/г роботи				Кількість	Одиниця	Ціна грн	Загальна вартість грн								
				1		3 400,00	3 400,00								
Садивний матеріал				952	шт	5,00	4 760,00								
Потреба в добривах:															
Всього							8 160,00								
Всього витрат на гектар															19 924,73

Додаток Є.8

Технологічна карта вирощування рослин гісопу лікарського третього року вегетації залежно від внесення біологічно активних препаратів (Biochar Aktive + Граундфікс®), 2024 рік

№ п/п	Етап вирощування	Терміни проведення	Операція	Фізичних одиниць		Техніка				Виконавець				Всього на етап грн	
				га	т	Амортизація грн/фіз. одиницю	КРНВ-5,6	Амортизація грн/фіз. одиницю	Витрата пмм грн	кількість	Тарифна ставка грн	оплата			
1	Догляд	II дек. 5	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 5	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
2	Скошування	II дек. 06	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 06	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 06	Перевезення зеленої маси	т	4	СА3-3507	50,00				водій	1	1 200,00	1 200,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				3 172,00	3 927,55
3	Догляд	II дек. 7	Міжрядна культивация	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 7	Рядне прополювання	га	1	MT3-82.1	36,00	КРНВ-5,6	28,57	261,20	тракторист	1	172,00	172,00	
	Всього на етап						72,00		57,14	522,40				344,00	995,54
4	Скошування	III дек. 08	Скошування	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		III дек. 08	Збирання та навантаження	т	4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		III дек. 08	Перевезення зеленої маси	т	4	СА3-3507	50,00				водій	1	700,00	700,00	
	Всього на етап						86,00		18,75	650,80				2 672,00	3 427,55
5	Догляд	II дек. 10	Технологічне зрізання для зимівлі	га	1	MT3-82.1	36,00	КСП-2,1	18,75	391,80	тракторист	1	172,00	172,00	
		II дек. 10	Збирання та навантаження	т	0,4					259,00	робітник	2	900,00	1 800,00	
		II дек. 10	Ремонтне висаджування	т	0,5						робітник	3	1 638,00	4 914,00	
	Всього на етап						36,00		18,75	391,80				1 972,00	2 418,55
	Всього														11764,73
			Кількість	Одиниця		Ціна грн		Загальна вартість грн							
	Непередбачувані с/г роботи		1			3 400,00		3 400,00							
	Садивний матеріал		952	шт		5,00		4 760,00							
	Потреба в добривах:														
	Всього							8 160,00							
	Всього витрат на гектар							19 924,73							