

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО СІЛЬСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ ПЕТРО АНДРІЙОВИЧ**

УДК 635.744:631.5:631.674.6(477.7)

**ДИСЕРТАЦІЯ  
УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ  
ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО В УМОВАХ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ  
ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ**

Спеціальність 201 Агрономія

Галузь знань 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

\_\_\_\_\_ П. А. Добровольський

Науковий керівник: Заєць Сергій Олександрович, доктор  
сіськогосподарських наук, професор

Одеса – 2026 р.

## АНОТАЦІЯ

Добровольський П. А. Удосконалення агротехнічних прийомів вирощування гісопу лікарського в умовах краплинного зрошення Південного Степу України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія. – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України, Одеса, 2026.

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває вирощування лікарських та ефіроолійних культур, що зумовлено зростанням попиту на природну сировину для фармацевтичної, харчової, косметичної та парфумерної промисловості. Однією з перспективних культур цього напрямку є гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis L.*), який вирізняється високим вмістом біологічно активних речовин, здатних проявляти антисептичні, протизапальні, відхаркувальні та антиоксидантні властивості. Саме тому ця культура має вагомое народногосподарське значення та значний експортний потенціал.

В Україні на сьогодні бракує науково обґрунтованих технологій промислового вирощування гісопу лікарського, що ускладнює його широке впровадження у виробництво. Наявні дані щодо агротехніки культури є фрагментарними та не враховують особливостей ґрунтово-кліматичних зон України, сучасних вимог ресурсозбереження та адаптації до кліматичних змін. Це зумовлює необхідність проведення комплексних досліджень, спрямованих на удосконалення технологічних прийомів вирощування гісопу лікарського для забезпечення стабільної врожайності та високої якості ефіроолійної і лікарської сировини. Вивчення особливостей формування продуктивності гісопу лікарського та розробка адаптованих технологій його вирощування є актуальним завданням сучасної аграрної науки, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності виробництва, розширенню

сировинної бази лікарських рослин та зміцненню конкурентоспроможності України на світовому ринку лікарсько-технічної продукції.

Дослідженнями встановлено, що формування лінійних розмірів рослин гісопу лікарського залежить від застосування мінеральних добрив. У середньому за роки досліджень та по всіх варіантах зволоження, внесення  $N_{60}P_{60}$  врозкид забезпечувало збільшення висоти відносно контрольного варіанта на 15,7 – 33,9% залежно від року використання насаджень. Поєднання внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом забезпечувало найбільший приріст – на 37,1 – 46,2% залежно від року використання насаджень.

Між висотою рослин гісопу лікарського та урожайністю зеленої надземної маси на фоні різних рівнів зволоження та удобрення упродовж трьох років використання існує сильний кореляційний зв'язок. Найбільше значення коефіцієнту кореляції (0,98304) виявлено у рослин III року використання за рівня зволоження 80-70-70% НВ.

Кількість вегетативно-генеративних пагонів на рослині гісопу лікарського зростала починаючи з другого року життя. На другий рік використання насаджень їх кількість, у середньому за варіантами досліджу, становила 64,3 шт./1рослину, а на третій рік використання насаджень – 77,7 шт./1рослину, що перевищило показники насаджень першого року використання на 17,0 – 30,4 шт./1рослину або на 26,4 – 39,1%.

Застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло формуванню більшої кількості пагонів рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння – 59 – 90 шт./1рослину залежно від року використання.

Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення збільшувало діаметр куща гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}$  врозкид діаметр куща порівняно до контрольного варіанту досліджу підвищилася на 9,5 – 12,0 см або на 14,5 – 31,7%, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид

+ N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом – на 15,0 – 24,0 см або на 23,8 – 42,3% залежно від року використання насаджень.

Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення підвищувало урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> врожайність порівняно до контрольного варіанту досліду підвищилася на 10,5 – 23,9%, а за внесення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врожайність + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом – на 38,1 – 45,1% залежно від року використання насаджень.

За використання режиму зрошення 90-80-70% НВ, у середньому за роки досліджень, забезпечувало одержання вищої урожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського на 1,0 – 11,6% залежно від варіанту удобрення та року використання насаджень.

Використання зволоження на рівні 90-80-70% НВ та мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врожайність + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом сприяло зростанню масової частки ефірної олії гісопу лікарського на 29,6 – 34,8 відсоткових пунктів, а варіанту удобрення N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> врожайність – на 25,9 – 29,8 відсоткових пунктів залежно від року використання насаджень.

Найвищі показники економічної ефективності вирощування гісопу лікарського у 2017 – 2020 рр. забезпечував варіант використання мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врожайність + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом та рівня зволоження 80-70-70% НВ. Так, рівень рентабельності вирощування гісопу лікарського за даного варіанту досліду склав 37,8 – 240,3% з найвищими показниками у третій рік використання насаджень, що перевищило показники контролю на 58,5 відсоткових пунктів.

Одним із факторів підвищення продуктивності насаджень гісопу лікарського є застосування сучасних рістрегулюючих препаратів для позакореневого підживлення у період вегетації рослин по фоні внесення мінеральних добрив.

Продуктивність гісопу лікарського залежала від системи живлення та умов вологозабезпечення насаджень. Встановлено, що найбільш ефективно

витрачали вологу на створення урожайності рослини гісопу лікарського третього року використання. Так, коефіцієнт водоспоживання, у середньому по варіантах дослідів, у 2022 р. склав 322,7 м<sup>3</sup>/т, що менше порівняно з першим (2020 р.) та другим (2021 р.) роком використання насаджень гісопу лікарського на 51,5 – 52,6%. У середньому за роки використання насаджень гісопу лікарського, найменшим коефіцієнтом водоспоживання рослин гісопу лікарського характеризувався варіант позакореневого підживлення насаджень двічі за період вегетації препаратом Хелафіт комбі по фоні внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> – 412,2 м<sup>3</sup>/т, що менше порівняно до контрольного варіанту дослідів на 48,3%.

Незалежно від року використання насаджень, найвищими рослини гісопу лікарського на початку фази цвітіння були за сумісного використання мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та дворазової обробки насаджень у період вегетації препаратом Хелафіт комбі. Так, рослини третього року використання за даного варіанту дослідів мали висоту 87,5 см, що перевищило показники контролю на 39,6 см або на 45,3%

Дещо більшу кількість пагонів, незалежно від варіанту дослідів, утворювали рослини гісопу лікарського насаджень третього року використання. Так, у середньому по варіантах дослідів, на 1 рослині налічувалося 14 пагонів першого порядку та 42 пагони другого порядку, що було більше ніж у рослин першого року використання насаджень гісопу лікарського відповідно на 3 та 16 шт. або на 21,4 та 38,1%, а рослин другого року – на 2 шт., або на 14,3 та 4,8%.

Максимальні розміри куща гісопу лікарського, незалежно від року використання насаджень, були відмічені за сумісного використання мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та проведення двічі за вегетацію підживлень рослин препаратом Хелафіт комбі. Так, рослини першого року використання за даного варіанту живлення мали діаметр куща 32 см, другого року – 66 см, а третього – 97 см, що відповідно перевищило показники контролю на 17; 26 та 43 см або на 53,1; 39,4 та 44,3%.

Незалежно від року використання насаджень, найвищою урожайністю гісопу лікарського визначена за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення по їх фоні позакоренових підживлень двічі за вегетацію препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі. Так, на третій рік використання насаджень урожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського склала 9,61 – 10,01 т/га, що перевищило показники контролю на 4,66 – 5,06 т/га або на 48,5 – 50,5%

Найвищим умістом ефірної олії у сирій біомасі рослин характеризувався варіант сумісного застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та позакоренового підживлення рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препаратом Хелафіт комбі. Масова частка ефірної олії у сирій біомасі гісопу лікарського другого року використання склала 1,32% (у середньому за роки вирощування), а рослин третього року використання – 1,59%, що перевищило контроль відповідно на 0,75 та 0,87%.

Найвищий умовний вихід олії гісопу лікарського був за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та обробки рослин препаратом Хелафіт комбі двічі за період вегетації – 83,47 – 159,16 кг/га залежно від року використання насаджень, що перевищило контрольний варіант досліду на 69,41 – 123,52 кг/га.

Використання препарату Хелафіт комбі двічі за період вегетації гісопу лікарського забезпечувало прибуток від реалізації ефірної олії на рівні 82,89 – 309,67 тис. грн/га залежно від року використання насаджень, а рівень рентабельності вирощування культури склав 70,6 – 428,2%.

**Ключові слова:** гісоп лікарський, мінеральні добрива, рістрегулюючі препарати, позакореневе підживлення насаджень, рівень зволоження, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання, продуктивність, урожайність, якість, вміст ефірної олії, економічна ефективність.

## ANNOTATION

**Dobrovolskyi P.** Improvement of agrotechnical techniques for growing a medicinal medicinal product in conditions of drip irrigation of the southern steppe of Ukraine. - qualification scientific work on the rights of manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 201 agronomy. - Institute of Climate Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Odesa, 2025.

In modern conditions of agricultural development, the cultivation of medicinal and essential oil crops is of particular importance, which is caused by an increase in demand for natural raw materials for the pharmaceutical, food, cosmetic and perfume industry. One of the prospective cultures of this area is the *Hyssopus officinalis* L. Gysopus, which is characterized by a high content of biologically active substances capable of showing antiseptic, anti-inflammatory, expectorant and antioxidant properties. That is why this culture is of significant economic importance and considerable export potential.

In Ukraine today there is a lack of scientifically sound technologies of industrial cultivation of hisisopal medicinal, which complicates its widespread introduction into production. Available data on agricultural technology of culture are fragmented and do not take into account the features of the soil and climatic zones of Ukraine, modern requirements of resource saving and adaptation to climatic changes. This necessitates comprehensive studies aimed at improving the technological techniques of growing a medicinal medicinal product to ensure a stable yield and high quality of essential oil and medicinal raw materials. Studying the features of the formation of the productivity of medicinal and the development of adapted technologies of its cultivation is an urgent task of modern agrarian science, the solution of which will increase the efficiency of production, expand the raw material base of medicinal plants and strengthen Ukraine's competitiveness in the world market.

Studies have found that the formation of linear sizes of medicinal hyssop

plants depends on the use of mineral fertilizers. On average, during the years of research and in all variants of moisture, the introduction of N60P60 stitching provided an increase in the height of the control variant by 15.7 - 33.9% depending on the year of use of plantations. The combination of N30P30 application + N30P30 with irrigation provided the highest increase - by 37.1 - 46.2% depending on the year of use of plantations.

There is a strong correlation between the height of the plant's plant height of medicinal plants and the yield of green aboveground mass against the background of different levels of moisture and fertilization. The highest value of the correlation coefficient (0.98304) was detected in plants of the third year of use at the level of moisture 80-70-70% of NV.

The number of vegetative-generative shoots on the plant of the *Gisop* of medicinal has grown from the second year of life. In the second year of use of plantations, their number, on average according to the experiment, was 64.3 units/1 plant, and in the third year the use of plantations - 77.7 pieces/1 plant, which exceeded the plantations of the first year of use by 17.0 - 30.4 pieces/1 plant or by 26.4 - 39.1%.

The use of moisture at the level of 90-80-70% HB and the application of mineral fertilizers N30P30 Viopl + N30P30 with watering contributed to the formation of more shoots.

The introduction of mineral fertilizers on the background of irrigation increased the diameter of the hessa bush. Thus, on average, during the years of research and in the variants of moisture, the variant of application of mineral fertilizers N60p60 Increase the diameter of the bush compared to the control variant of the experiment increased by 9.5 - 12.0 cm or 14.5 - 31.7%, and for the application of N30P30 in the dissection + N30P30 with watering - by 15.0 planting.

The introduction of mineral fertilizers on the background of irrigation increased the yield of green above-ground mass of the medicinal hyssop. Thus, on average, during the years of research and in the variants of moisturizing, in the variant of application of mineral fertilizers N60P60, the yield of yields compared to

the control variant of the experiment increased by 10.5 - 23.9%, and for the introduction of N30P30 in dissection + N30P30 with watering - by 38.1 - 45.1%.

With the use of irrigation regime 90-80-70% HB, on average during the years of research, ensured the highest yield of green aboveground mass of the medicinal medicinal medicinal mass of 1.0-11.6% depending on the option of fertilization and the year of use of plantations..

The use of moisture at a level of 90-80-70% RH and mineral fertilizers N30P30 scattered + N30P30 with irrigation contributed to an increase in the mass fraction of essential oil of medicinal hyssop by 29.6–34.8 percentage points, and the N60P60 fertilization variant – by 25.9–29.8 percentage points, depending on the year of planting.

The highest economic efficiency indicators for growing medicinal hyssop in 2017–2020 were achieved using the option of applying N30P30 mineral fertilizers by broadcasting + N30P30 with irrigation and a moisture level of 80–70–70% HB. Thus, the profitability of growing medicinal hyssop in this experimental variant was 37.8–240.3%, with the highest indicators in the third year of planting, which exceeded the control indicators by 58.5 percentage points.

One of the factors increasing the productivity of medicinal hyssop plantations is the use of modern growth-regulating preparations for foliar feeding during the vegetation period of plants against the background of mineral fertilizer application.

The productivity of medicinal hyssop depended on the feeding system and moisture conditions of the plantings. It was found that the most effective use of moisture for plant productivity was in the third year of use of medicinal hyssop. Thus, the water consumption coefficient, on average for the experimental variants, in 2022 was 322.7 m<sup>3</sup>/t, which is 51.5–52.6% less than in the first (2020) and second (2021) years of use of hyssop plantations. On average over the years of use of hyssop plantations, the lowest water consumption coefficient of hyssop plants was characterized by the variant of foliar feeding of plantations twice during the growing season with the preparation Helafit Combi against the background of

mineral fertilizer application at a dose of N90P90 – 412.2 m<sup>3</sup>/t, which is 48.3% less than in the control variant of the experiment.

Regardless of the year of planting, the tallest plants of medicinal hyssop at the beginning of the flowering phase were those grown with the combined use of mineral fertilizers at a dose of N90P90 and twice-daily treatment of the plantings during the growing season with the drug Helafit Combi. Thus, plants in their third year of use in this experimental variant had a height of 87.5 cm, which exceeded the control indicators by 39.6 cm or 45.3%.

A slightly larger number of shoots, regardless of the experimental variant, were formed by plants of medicinal hyssop in plantings in their third year of use. Thus, on average across the experimental variants, there were 14 first-order shoots and 42 second-order shoots per plant, which was 3 and 16 shoots more than in plants in the first year of use of hyssop plantings, respectively, or 21.4 and 38.1%, and 2 shoots, or 14.3 and 4.8%, respectively, than in plants in the second year of use.

The maximum size of the medicinal hyssop bush, regardless of the year of planting, was observed when mineral fertilizers were used at a dose of N90P90 and the plants were fed twice during the growing season with the Helafit Combi preparation. Thus, plants in the first year of use with this feeding option had a bush diameter of 32 cm, in the second year – 66 cm, and in the third year – 97 cm, which exceeded the control indicators by 17, 26, and 43 cm, or by 53.1, 39.4, and 44.3%, respectively.

Regardless of the year of use of the plantings, the highest yield of medicinal hyssop was determined with the combined use of mineral fertilizers at a dose of N90P90 and foliar feeding twice during the growing season with Quantum Technical and Helafit Combi preparations. Thus, in the third year of use of the plantations, the yield of green above-ground mass of medicinal hyssop was 9.61–10.01 t/ha, which exceeded the control indicators by 4.66–5.06 t/ha or by 48.5–50.5%.

The highest essential oil content in dry plant biomass was observed in the

variant of combined application of mineral fertilizers at a dose of N90P90 and foliar feeding of hyssop plants twice during the growing season with the Helafit Combi preparation. The mass fraction of essential oil in the dry biomass of hyssop in the second year of use was 1.32% (on average over the years of cultivation), and in the third year of use – 1.59%, which exceeded the control by 0.75 and 0.87%, respectively.

The highest conditional yield of hyssop oil was obtained with the combined use of mineral fertilizers at a dose of N90P90 and treatment of plants with Helafit Combi twice during the growing season – 83.47 – 159.16 kg/ha depending on the year of use of the plantings, which exceeded the control variant of the experiment by 69.41 – 123.52 kg/ha.

The use of Helafit Combi twice during the growing season of medicinal hyssop provided a profit from the sale of essential oil at the level of 82.89–309.67 thousand UAH/ha, depending on the year of use of the plantations, and the profitability of growing the crop was 70.6–428.2%.

**Keywords:** *Hyssopus officinalis*, mineral fertilizers, growth preparations, foliar feeding of plantations, level of moisture, total water consumption, water consumption ratio, productivity, yield, quality, essential oil, economic efficiency.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Добровольський П. А.** Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. №120. С. 36 – 42. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.5> (100% авторства – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, математична обробка результатів, написання статті).

2. **Добровольський П. А.** Водоспоживання гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. №26. С. 175 – 181. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.26> (100% авторства – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, математична обробка результатів, написання статті).

3. **Добровольський П. А.** Вплив оптимізації живлення на урожайність *Hyssopus officinalis* L. в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. №27. С. 183 – 188. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.28> (100% авторства – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, математична обробка результатів, написання статті).

### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. **Dobrovolskyi P., Andriichenko L., Kachanova T., Manushkina T.** Creating hyssop phytocenoses in anthropogenically transformed ecosystems. E3S Web of Conferences 255. ISCMEE 2021. 01009. P. 1-7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501009> (МНМБД Scopus)

5. **Добровольський П. А.,** Домарацький Є. О. Перспективи вирощування гісопу лікарського на півдні України. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодні, майбутнє* : матеріали IV всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Херсон, 28 – 29 жовтня 2021 р.). Херсон : ХДАЕУ, 2021. С. 156 – 158.

6. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В., **Добровольський П. А.** Перспективи дослідження ефіроолійних культур на Миколаївщині. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали X міжнарод. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 29 квітня 2022 р.). С. 49.

7. **Добровольський П. А.** Дія препарату Хелафіт комбі на продуктивність багаторічних насаджень гісопу лікарського. *Сучасні технології та системи захисту рослин*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 120-річчю від дня народження видатних учених із захисту рослин – ентомолога, професора Чугуніна Я.В. та фітопатолога, доцента Юганової О.М. (м. Херсон, 25 травня 2022 р.). Херсон: ХДАЕУ, 2022. С. 37-39.

8. **Добровольський П. А.** Вплив добрив та біопрепаратів на продуктивність гісопу лікарського. *Інноваційно-інвестиційний розвиток аграрної сфери – запорука продовольчої безпеки країни*: доповіді учасників міжнар. наук.-практ. конф. Міжнар. форуму (м. Миколаїв, 26 травня 2022 р.). / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2022.р. С. 34 – 36.

9. **Добровольський П. А.** Вирощування гісопу лікарського у якості фітомеліоранту на техногенно порушених територіях. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети* : матеріали міжнар. наук.-практ. Онлайн-конф. (м. Одеса, 30 вересня 2022 р.). Одеса: ІКОСГ НААН, 2022. С. 237 – 240.

10. **Добровольський П.,** Андрійченко Л., Коваленко О. Ефіроолійні рослини та їх значення у сучасному світі. *Розвиток аграрної галузі та*

*впровадження наукових досліджень у виробництво* : матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. (м. Миколаїв, 19-21 жовтня 2022 р.). Миколаїв: МНАУ, 2022 С. 75 – 78.

11. **Dobrovolskyi P. A.** Biological reclamation of anthropogenically transformed lands with the help hyssopus officinalis. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : збірник матеріалів V міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 27-28 жовтня 2022 р.). Херсон: «Олді+», 2022. С. 82 – 85.

12. **Добровольський П. А.** Урожайність *Hyssopus Officinalis* L. в умовах Південного Степу України. *Інноваційні технології в рослинництві* : матеріали VIII всеукр. наук. інтерн.-конф. (м. Кам'янець-Подільський. Кам'янець-Подільський : ЗВО «Подільський державний університет», 25 квітня 2025 р.). Кам'янець-Подільський, 2025. С. 39 – 40.

13. **Добровольський П. А.** Вплив оптимізації живлення на водоспоживання та урожайність гісопу лікарського в умовах південного Степу України. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри*. Міжнародний форум : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 травня 2025 р., м. Миколаїв / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2025. С. 59 – 62.

#### **Колективна монографія**

14. **Добровольський П. А., Андрійченко Л. В., Коваленко О. А., Качанова Т. В.** Формування фітоценозів гісопу лікарського на техногенно трансформованих землях Миколаївщини. *The current state of fundamental and applied natural sciences research : collective monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. P. 160 – 177. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-8>

## ЗМІСТ

|  |     |
|--|-----|
| ВСТУП .....  | 17  |
| РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ<br><i>HYSSOPUS OFFICINALIS</i> L.....                 | 24  |
| 1.1 Значення та виробництво <i>Hyssopus officinalis</i> L. у світі та в<br>Україні.....                  | 24  |
| 1.2 Вплив оптимізації живлення на продуктивність лікарських<br>рослин .....                              | 36  |
| 1.3 Вплив зрошення на продуктивність лікарських рослин .....   | 42  |
| Висновки до розділу 1.....   | 44  |
| Список використаних джерел до розділу 1 .....  | 45  |
| РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ   | 61  |
| 2.1 Ґрунтово-кліматичні умови .....  | 61  |
| 2.2 Програма і методика проведення досліджень .....  | 68  |
| 2.3 Характеристика досліджуваного сорту гісопу лікарського та<br>препаратів .....                        | 72  |
| 2.4 Агротехніка в польових дослідах .....  | 74  |
| Висновки до розділу 2 .....  | 75  |
| Список використаних джерел до розділу 2 .....  | 75  |
| РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ЗРОШЕННЯ<br>НА ПРОДУКТИВНІСТЬ <i>HYSSOPUS OFFICINALIS</i> L.....   | 78  |
| 3.1 Вплив мінеральних добрив та зрошення на наростання<br>надземної маси рослин гісопу лікарського ..... | 78  |
| 3.2 Урожайність гісопу лікарського .....   | 94  |
| 3.3 Вміст та вихід ефірної олії гісопу лікарського .....   | 97  |
| Висновки до розділу 3 .....  | 102 |
| Список використаних джерел до розділу 3.....   | 104 |
| РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ НА<br>ПРОДУКТИВНІСТЬ <i>HYSSOPUS OFFICINALIS</i> L.....             | 108 |

|   |            |
|---|------------|
| 4.1 Поживний режим ґрунту .....   | 108        |
| 4.2 Річний фенологічний цикл розвитку рослин залежно від<br>погодних умов .....   | 115        |
| 4.3 Вплив оптимізації живлення на водоспоживання гісопу<br>лікарського .....  | 120        |
| 4.4 Морфометричні та кількісні показники продуктивності рослин<br>гісопу лікарського .....                              | 131        |
| 4.5 Продуктивність гісопу лікарського .....   | 152        |
| Висновки до розділу 4 .....   | 170        |
| Список використаних джерел до розділу 4 .....   | 173        |
| <b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ<br/>ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГІСОПУ<br/>ЛІКАРСЬКОГО .....</b> |            |
| <b>ЛІКАРСЬКОГО .....</b>  | <b>178</b> |
| Висновки до розділу 5 .....   | 186        |
| Список використаних джерел до розділу 5 .....   | 186        |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>   | <b>188</b> |
| <b>РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....</b>   | <b>192</b> |
| <b>ДОДАТКИ .....</b>  | <b>194</b> |

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває вирощування лікарських та ефіроолійних культур, що зумовлено зростанням попиту на природну сировину для фармацевтичної, харчової, косметичної та парфумерної промисловості. Однією з перспективних культур цього напрямку є гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis L.*), який вирізняється високим вмістом біологічно активних речовин, здатних проявляти антисептичні, протизапальні, відхаркувальні та антиоксидантні властивості. Саме тому ця культура має вагомим народногосподарське значення та значний експортний потенціал.

Південний Степ України за кліматичними та ґрунтовими умовами відповідає необхідним вимогам для вирощування гісопу лікарського. Строк продуктивного використання плантації гісопу лікарського в умовах даної зони – понад 20 років. Рослини зимостійкі і добре переносять посуху. Насіння цього виду також характеризується високою життєздатністю, лабораторна схожість насіння на рівні 95-97 % не змінюється упродовж трьох-чотирьох років зберігання.

В Україні площі насаджень гісопу лікарського залишаються обмеженими та зосереджені переважно у Степовій та Лісостеповій зонах, де культура вирощується у невеликих промислових масштабах. Урожайність надземної зеленої маси гісопу лікарського в умовах Південного Степу коливається від 2,5 до 5,5 т/га у другий та третій роки вегетації залежно від рівня агротехнічного забезпечення. Вихід ефірної олії становить у середньому 8–12 кг/га, проте за умов зрошення та оптимізації живлення можливе досягнення вищих показників – до 15–18 кг/га.

Водночас в Україні на сьогодні бракує науково обґрунтованих технологій промислового вирощування гісопу лікарського, що ускладнює його широке впровадження у виробництво. Наявні дані щодо агротехніки

культури є фрагментарними та не враховують особливостей ґрунтово-кліматичних зон України, сучасних вимог ресурсозбереження та адаптації до кліматичних змін. Це зумовлює необхідність проведення комплексних досліджень, спрямованих на удосконалення технологічних прийомів вирощування гісопу лікарського для забезпечення стабільної врожайності та високої якості ефіроолійної і лікарської сировини.

Таким чином, вивчення особливостей формування продуктивності гісопу лікарського та розробка адаптованих технологій його вирощування є актуальним завданням сучасної аграрної науки, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності виробництва, розширенню сировинної бази лікарських рослин та зміцненню конкурентоспроможності України на світовому ринку лікарсько-технічної продукції.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукові розробки, узагальнені в дисертаційній роботі, були складовою частиною тематичного плану Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної аграрної академії України з виконання завдання 05.01.00.05.Ф «Науково обґрунтувати та створити моделі продукційних процесів ефіроолійних культур за краплинного зрошення на Півдні України» (номер державної реєстрації: 0120U105610), де автор був безпосереднім виконавцем досліджень. У межах зазначених наукових тематик автором було окреслено й обґрунтовано наукові основи росту, розвитку, формування продуктивності гісопу лікарського за його вирощування в умовах Південного Степу України.

**Мета й завдання досліджень.** Мета досліджень полягала у науковому обґрунтуванні впливу оптимізації живлення та рівнів зволоження на продуктивність і господарсько-цінні ознаки рослин гісопу лікарського сорту Маркіз за вирощування в умовах Південного Степу України.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

- опрацювати літературні джерела щодо впливу факторів вирощування на ріст і розвиток рослин гісопу лікарського та формування ними продуктивності;

- визначити вплив досліджуваних факторів на поживний режим ґрунту;

- дослідити річний фенологічний цикл розвитку рослин гісопу лікарського залежно від погодних умов, оптимізації живлення та рівня зволоження;

- встановити вплив досліджуваних факторів на особливості водоспоживання рослин гісопу лікарського;

- дослідити динаміку наростання надземної біомаси рослин гісопу лікарського, їх морфометричні та кількісні показники продуктивності та урожайності зеленої надземної маси;

- встановити вплив досліджуваних факторів на вміст та вихід ефірної олії гісопу лікарського;

- визначити вплив оптимізації живлення та рівнів зволоження на показники економічної ефективності вирощування гісопу лікарського в умовах Південного Степу України.

**Об'єкт досліджень** – процеси росту, розвитку та формування продуктивності гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення та рівня зволоження насаджень.

**Предмет досліджень** – гісоп лікарський; мінеральні добрива; регулятори росту рослин; зволоження; ґрунт; урожайність надземної біомаси рослин та її якість; економічна ефективність агроприймів вирощування гісопу лікарського.

**Методи дослідження.** Основними методами досліджень були: польові й лабораторні дослідження. Використані наукові методи – гіпотеза, діалектичний, синтезу, аналізу, індукції, математичної статистики. Крім того, для реалізації програми досліджень були використані наступні методи: польовий короткотривалий багатофакторний дослід – для визначення біометричних показників і вимірів, встановлення рівнів урожаю культури; лабораторний –

аналіз ґрунту, структури врожаю; розрахунковий – оцінка економічної ефективності вирощування гісопу лікарського. Для узагальнення і обробки експериментальних даних застосовували статистичний, розрахунковий та порівняльно-обчислювальний методи: дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у теоретичному обґрунтуванні та практичному розробленні елементів агротехнології вирощування гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення та рівня зволоження.

*Вперше* для умов Південного Степу України:

– встановлено вплив живлення та рівня зволоження насаджень гісопу лікарського на поживний режим ґрунту та особливості водоспоживання рослин;

– обґрунтовано зміни морфобіологічної структури рослин гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення, рівня зволоження насаджень та їх комплексного поєднання;

– встановлено потенціал продуктивності гісопу лікарського та шляхи управління його реалізацією через елементи технології вирощування;

– визначено особливості річного фенологічного циклу розвитку рослин гісопу лікарського, формування ними надземної маси залежно від погодних умов, оптимізації живлення та рівня зволоження;

– з'ясовано особливості формування урожайності надземної зеленої маси рослин, а також встановлено вплив досліджуваних факторів на вміст та вихід ефірної олії гісопу лікарського;

– проведено економічну оцінку ефективності досліджуваних елементів технології вирощування гісопу лікарського.

*Удосконалено* елементи технології вирощування гісопу лікарського за рахунок оптимізації живлення та застосування оптимального рівня зволоження насаджень.

*Набуло подальшого розвитку обґрунтування формування урожайності та якості зеленої надземної маси рослин гісопу лікарського залежно від погодних умов, оптимізації живлення та рівня зволоження насаджень; практичне застосування результатів досліджень у сільськогосподарських підприємствах різних форм власності в умовах Південного Степу України.*

**Практичне значення отриманих результатів.** За результатами досліджень запропоновано науково-обґрунтовані рекомендації виробництву щодо удосконалення окремих елементів технології вирощування гісопу лікарського за рахунок оптимізації системи живлення рослин та рівня зволоження. Отримані результати досліджень сприятимуть підвищенню продуктивності насаджень гісопу лікарського в умовах Південного Степу України.

На основі результатів наукових досліджень розроблено адаптовані для умов Південного Степу України елементи технології вирощування гісопу лікарського, які забезпечують збільшення урожайності надземної маси на 14,5 – 22,8%. Виробничою апробацією елементів технології підтверджено їх високу економічну ефективність.

Виробничу перевірку досліджень проведено у Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського національного аграрного університету (площа 0,2 га), Державній установі Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної аграрної академії України (площа 0,5 га); ТОВ «ПАЕК-ПВДЕНЬ» (площа 0,5 га) (додатки А.1, А.2, А.3).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота являє собою наукову завершену працю здобувача. Автор дослідження здійснив аналіз і узагальнення літературних джерел за темою роботи, що дозволило глибоко ознайомитися із сучасним станом наукових знань з обраної теми дослідження. Ним разом із науковим керівником розроблено схему дослідження. Проведено комплексні польові й лабораторні дослідження для отримання всебічної інформації про вплив досліджуваних факторів на продуктивність

гісопу лікарського. Виконано аналіз отриманих наукових результатів; розраховано економічну ефективність запропонованих агрозаходів; проведено систематизацію отриманих даних та їх статистичну обробку; сформульовано висновки та рекомендації виробництву; проведено апробацію результатів досліджень у виробничих умовах; підготовлено дисертаційну роботу до друку. Авторство у спільно опублікованих наукових працях складає – 45 – 100%.

Апробація матеріалів дисертації. Результати представлено наукового дослідження оприлюднено та обговорено на International Conference on Sustainable, Circular Management and Environmental Engineering (April 16, 2021, Odesa); IV Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених «Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодення, майбутнє» (28 – 29 жовтня 2021 р., м. Херсон); X Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» (29 квітня 2022 р., с. Центральне); Всеукраїнській науково-практичній конференції, присвяченій 120-річчю від дня народження видатних учених із захисту рослин – ентомолога, професора Чугуніна Я. В. та фітопатолога, доцента Юганової О. М. «Сучасні технології та системи захисту рослин» (25 травня 2022 р., м. Херсон); Міжнародній науково-практичній конференції Міжнародного форуму «Інноваційно-інвестиційний розвиток аграрної сфери – запорука продовольчої безпеки країни» (26 травня 2022 р., м. Миколаїв); Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції «Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети» (30 вересня 2022 р., м. Одеса); V Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво» (19 – 21 жовтня 2022 р., м. Миколаїв); V Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку» (27 – 28 жовтня 2022 р., м. Херсон); VIII Всеукраїнській науковій інтернет-конференції «Інноваційні технології в

рослинництві» (25 квітня 2025 р., м. Кам'янець-Подільський); Міжнародній науково-практичній конференції Міжнародного форуму «Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри» (28 – 30 травня 2025 р., м. Миколаїв).

**Публікації результатів досліджень.** За результатами досліджень по темі дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, у тому числі 3 статті у фахових виданнях України (категорія Б), 10 тез доповідей, в тому числі 1 у виданні, яке цитується у наукометричній базі даних Scopus, та 1 колективна монографія.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертацію викладено на 198 сторінках комп'ютерного тексту, в тому числі основного тексту – 171 сторінка. Робота містить анотацію, вступ, 5 розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел та додатки. Дисертація містить 41 таблиці та 26 рисунків. Список використаних джерел налічує 192 найменування, з яких 121 – латиницею.

# РОЗДІЛ 1

## НАУКОВІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ *HYSSOPUS OFFICINALIS* L.

### 1.1 Значення та виробництво *Hyssopus officinalis* L. у світі та в Україні

З кожним роком все більшого значення набувають лікарські та ароматичні рослини. Все більше людей віддають перевагу натуральним лікам, виготовленим із сировини вищезгаданих рослин, а не синтетичним препаратам. Тому попит на лікарські та ароматичні рослини на світовому ринку завжди стабільний і високий. Україна, як аграрна країна зі сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, має великі перспективи виходу на світовий ринок лікарських і ароматичних рослин [1, 123].

Сьогодні більше половини населення країн, що розвиваються, не мають доступу до адекватних медичних послуг. Це може бути пов'язано з тим, що бідні люди не мають доступу до сучасних медичних послуг або не можуть їх собі дозволити. Лікарські рослини є інноваційним та альтернативним засобом лікування з чудовими можливостями, оскільки вони не тільки забезпечують їм доступ і доступні ліки, але й можуть приносити дохід і створювати робочі місця за рахунок цих ресурсів. Рослинні продукти використовуються не лише в традиційній медицині, але й як сировина для створення сучасних лікарських засобів [90].

Використання рослинних лікарських засобів і добавок надзвичайно зросло за останні десятиліття, і приблизно 80% населення світу покладаються на них як на засоби первинної медичної допомоги [128].

Лікарське рослинництво є окремою галуззю рослинництва, що спеціалізується на вирощуванні лікарських рослин з метою отримання сировини для подальшої переробки та виробництва лікарських засобів на фармацевтичних підприємствах. У сучасних умовах виробництво

фітосировини набуває все більшого значення, що зумовлено зростаючим усвідомленням ризиків, пов'язаних із надмірним застосуванням синтетичних лікарських препаратів, які нерідко спричиняють численні побічні ефекти. На цьому тлі спостерігається поступовий перехід до раціонального використання фітотерапевтичних засобів, які мають м'якшу дію, кращу біосумісність та нижчу токсичність порівняно з хімічно синтезованими аналогами. Така тенденція сприяє зростанню попиту на продукцію лікарського рослинництва та розширенню площ під вирощуванням відповідних культур [2, 77].

Лікарські рослини є дешевим джерелом ліків для більшості населення світу і продовжуватимуть забезпечувати не лише лікарські засоби, які можна використовувати безпосередньо, але й велику різноманітність хімічних сполук, які можна використовувати для синтезу нових ліків із покращеними фармакологічними властивостями [124].

Глобальний ринок лікарських рослин постійно зростає, що відображає попит споживачів на «натуральні продукти» для пропаганди здорового способу життя. Однак це не нова тенденція, оскільки рослини використовувалися в лікувальних цілях ще з епохи палеоліту, як вказують археологічні дані. У книзі Гіппократа (V–II ст. до н. е., Греція) описано близько 380 лікарських трав, корисних для лікування різноманітних захворювань. У наш час лікарські рослини використовують для виробництва ліків, харчових продуктів і харчових добавок, косметики та інших засобів догляду за домом [102].

Багато видів ароматичних і лікарських рослин стали невід'ємною частиною економіки країн як перспективний продовольчий та експортний ресурс. Безпосередній інтерес для виробництва товарної сировини можуть представляти види, придатні для отримання ефірної олії та лікарської сировини, як місцеві, так і інтродуковані з різних регіонів світу [32].

Більшість лікарських рослин відомі своєю протизапальною дією і використовуються не тільки в традиційній медицині, але і в традиційній

терапії. За своєю дією вони також класифіковані в численних світових фармакопєях, наприклад *Hyssopus officinalis* L., *Calendula officinalis* L., *Matricaria chamomilla* L., *Salvia officinalis* L., *Achillea millefolium* L. та ін., мають широке застосування при лікуванні різноманітних захворювань, пов'язаних із запаленням [89].

Родина ясноткових (*Lamiaceae*) містить багато ароматичних та лікарських рослин [54, 79, 113]. *Hyssopus officinalis* L., часто відомий як «гісоп», є представником родини губоцвітих (*Lamiaceae*), який росте як напівчагарник на сухих кам'янистих вапняних ґрунтах у Європі, Південній та Центральній Азії та північно-західній Індії. Батьківщина гісопу лікарського – Середземномор'я і Західна Європа [58].

На сьогодні відомо близько 20 видів, які зростають в теплих і помірних областях. На території України зростає три види роду Гісоп: *Hyssopus officinalis* L., *Hyssopus angustifolius* L., *Hyssopus cretacei* L. Перспективним є дослідження гісопу лікарського, який широко використовується у народній медицині і розповсюджений на території України. Перші згадки про гісоп є в роботах грецького лікаря Діоскорида, а також в Біблії. В XI столітті гісоп завезли в Середню Європу, де рослину вирощували в монастирських садах. У середні віки гісоп цінували як лікарську і пряну рослину [4].

*Hyssopus officinalis* L. широко відомий як «*Hyssop*», є багаторічним чагарником, що походить з південної Європи, Середземномор'я та помірних регіонів Азії [101].

Широко поширеним видом *Hyssopus officinalis* L. у Середземноморському регіоні є *H. officinalis* L. subsp. *pilifer* (Pant.) Murb. (= *H. officinalis* L. subsp. *aristatus* (Godr.) Nyman) є дикорослим таксоном у Східній Сербії. Це багаторічна трав'яниста рослина, що росте на сонячних місцях проживання, переважно на виснажених пасовищах на вапняку. Ареал цього підвиду простягається від Болгарії та Північної Греції, на північний захід до Хорватії [60]. *Hyssopus officinalis* L. є поліморфним видом, який

росте як напівчагарник у Європі, Південній та Центральній Азії та північно-західній Індії на сухих, кам'янистих, вапнякових ґрунтах [119].

Ця багаторічна рослина з сильно розгалуженим стрижневим коренем росте як напівчагарник, заввишки до 70 см, з супротивним блискучим темно-зеленим ланцетним або довгастим листям та синьо-білими або фіолетовими квітами, розташованими у несправжніх колосках [64].

Листок гісопу лікарського дорсивентрального типу. Клітини нижнього епідермісу сильно звивисті, продири багаточисленні діацитного типу. На верхньому і нижньому епідермісі знаходиться велика кількість 8-клітинних ефіроолійних залозок. Волоски прості та головчасті з одноклітинною шаровидною голівкою і короткою одноклітинною ніжкою. Клітини верхнього епідермісу із слабо звивистими стінками, продири крупні, зустрічаються рідше. На верхньому епідермісі і по краях листка зустрічаються прості волоски, які складаються з 2-3 клітин з тонкими стінками і злегка бородавчастою поверхнею, термінальна клітина очевидно вигнута [4].

Гісоп лікарський є типовим ксерофітом і добре адаптований до посухи [83]. Крім того, рослина холодостійка та морозостійка [66]. Посуха сприяє підвищенню кількості сполук ефірної олії (з 27 у рослин, що не зазнають стресу, до 42 в умовах інтенсивної посухи). Крім того, при дефіциті води вміст цис-пінокамфону зменшується [119]. Результати досліджень А'сімові'с та ін. [33] встановлено, що погодні умови в роки досліджень мали значний вплив на хімічний компонентний склад ефірної олії гісопу лікарського. Так, підвищення температури повітря мало позитивний вплив на пінокамфону та  $\beta$ -пінен, тоді як опади – навпаки, негативно впливали на накопичення зазначених речовин.

Трава гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) з давніх часів використовується з лікувальною метою в традиційній медицині країн Азії, Європи, а також Північної Америки. У науковій літературі переважає інформація, що стосується народного досвіду застосування цієї рослини як

відхаркувального, протизапального та спазмолітичного засобу. Однак завдяки широкому ареалу поширення, фармакологічному потенціалу та високій ефірноолійній продуктивності гісоп лікарський привертає дедалі більшу увагу дослідників. Зокрема, у 2017 році було експериментально підтверджено виражену бактеріостатичну активність водно-спиртових екстрактів гісопу проти грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів. У 2018 році вивчення ефірної олії гісопу виявило її інсектицидні та репелентні властивості, що відкриває перспективи для її використання у складі природних біозасобів захисту рослин. [30, 31, 118 ]. Разом з тим, у наукових першоджерелах також зустрічаються дані стосовно про конвульсивних властивостей пінокамфонів, що входять до складу ефірної олії гісопу лікарського [106, 107].

Варто також звернути увагу на наявність у деяких зразках лікарської сировини гісопу лікарського біологічно активних речовин, що можуть чинити проконвульсивний (судомогенний) ефект. Однією з таких сполук є сабінен — монотерпеновий вуглеводень, який було ідентифіковано серед компонентів ефірної олії гісопу. Згідно з даними хроматографічного аналізу, сабінен виявлено у певних популяціях рослин, вирощених у регіонах із підвищеною інсоляцією та температурним стресом, що може свідчити про його залежність від умов вирощування та хемотипу сировини [36].

Наявність сабінену є важливою з точки зору безпеки застосування препаратів гісопу, оскільки ця сполука може потенційно посилювати збудливість центральної нервової системи та провокувати розвиток судомного синдрому, особливо у пацієнтів із підвищеною неврологічною чутливістю. Тому при стандартизації лікарської сировини, призначеної для фармакологічного використання, доцільно проводити кількісну оцінку вмісту сабінену та інших небажаних компонентів, щоб забезпечити її безпечність та уніфіковану терапевтичну дію [36]. Крім того, дана сировина характеризується наявністю терпенової сполуки пінокамфену, введення якої піддослідним тваринам призводило до розвитку клоніко-тонічних судом та

летального наслідку. Пінокамфен також було ідентифіковано у зразках трави синюхи блакитної, базилику камфорного сорту Пурпурний та шавлії лікарської, проте у незначній, у порівнянні зі зразком надземною частини гісопу лікарського, кількості: 3,4 мг/кг, 4,9 мг/кг та 14,6 мг/кг, відповідно, у той час, як у надземній частині гісопу лікарського було виявлено 472 мг/кг даної сполуки [30, 106].

Гісоп – гарний медоніс, але основна його властивість – цілюща дія на органи дихання, його застосовують при хронічних бронхітах, кашлі, бронхіальній ядусі та запаленні легень. І все це завдяки вмісту в рослинах біологічно активних речовин: ефірної олії (до 0,6-1,0%), флавоноїдів (до 0,9%), дубильних речовин (до 5,8%), барвників, тритерпенової кислоти, які проявляють відхаркувальну, протимікробну, протизапальну, спазмолітичну дію [11].

Відома рослина як потогінний, сечогінний, збуджуючий засіб, покращує травлення, підсилює функцію головного продовгуватого мозку, як антисептик застосовують при грипі, туберкульозі. Застосовують гісоп для загоювання ран, виразок, при синцях, вуграх, мокнучих екземах, гематомах, бородавках, алергії, гіпотонії, запальних процесах у ротовій порожнині та гортані [11].

Гісоп лікарський в основному використовується для виробництва ефірної олії, яка використовується в фармацевтичній та парфумійній галузях та косметиці, а також в ароматерапії [39, 64, 91, 127].

Гісоп, хоча і має гіркуватий смак, використовується в рецептурах соусів і як харчовий аромат [47]. *Hyssopus officinalis* L. має багато традиційних лікарських застосувань, включаючи відхаркувальний, антисептичний, вітрогонний засіб і полегшення кашлю. Насправді, завдяки його міорелаксуючим, антитромбоцитарним та інгібіторним властивостям  $\alpha$ -глюкозидази, а також його потенціалу зменшувати тривогу та істерію, люди можуть отримати користь від широкого спектру інших переваг [39]. У *Hyssopus officinalis* L. міститься багато біологічно активних речовин,

включаючи полісахариди, глікозидні флавоноїди, фенолкарбонову кислоту, ефірні олії. Поліфеноли є вторинними метаболітами, життєво важливими для росту та розвитку рослин, а також для їх розмноження [80]. Завдяки широкому спектру біологічної активності, включаючи протизапальну, антиоксидантну та протипухлинну здатність, фенольні сполуки забезпечують низку переваг для здоров'я. Крім того, вони використовуються як функціональні харчові компоненти, оскільки можуть замінити консерванти завдяки своїй антиоксидантній та антимікробній активності [97].

Гісоп містить різноманітні біологічно активні речовини, зокрема полісахариди, глікозидні флавоноїди, фенолкарбонову кислоту, ефірні олії. Він широко використовується через його фармацевтичні властивості на додаток до його традиційного використання в народній медицині для лікування астми, прокази, водянки та жовтяниці. Його ефірні олії та екстракти продемонстрували антиоксидантну, антидіабетичну, антимікробну, протизапальну та анти-ВІЛ дію [39, 40, 41].

Нині у зв'язку з розвитком економіки актуальним є розширення асортименту біологічних добавок, ефірних олій і створення для їх виробництва сировинної бази за рахунок можливих зон вирощування ароматичних та лікарських рослин в Україні. Тому в останні роки досить актуальною є інтродукція перспективних видів і створення нових сортів. У даний час гісоп використовують при хворобах органів дихання, бронхіальній астмі, шлунково-кишкових захворюваннях. *Hyssopus officinalis* L. є компонентом препаратів «Пектосол» і «Пектолван-фіто», які мають протизапальну та протикашльову дію. Відомі також косметичні засоби «Дермакор – гель-бальзам» для корекції рубців і шрамів та «Вода гісопова» для догляду за шкірою [15].

Антибактеріальні та протигрибкові властивості гісопу пов'язані з наявністю пінокамфону, ізопінокамфону та  $\beta$ -пінену. Противірусна активність рослини, ймовірно, зумовлена наявністю кавової кислоти, дубильних речовин і неідентифікованих високомолекулярних сполук [40].

Використання ароматів є повсюдним і є глобальним людським явищем. З плином часу незліченна кількість смаків і ароматизаторів знайшли свій шлях у повсякденне життя, зокрема в продукти харчування, напої та кондитерські вироби; в засоби особистої гігієни (мило, зубні пастки, рідини для полоскання рота, дезодоранти, лосьйони для ванн і шампуні), парфуми та іншу косметику, а також фармацевтичні препарати. Ефірні олії є складними сумішами терпенів та інших ароматичних або аліфатичних сполук, що утворюються як вторинні метаболіти в спеціалізованих секреторних тканинах ароматичних рослин. У природі ефірні олії відіграють дуже важливу роль у захисті рослин і процесах сигналізації. Наприклад, вони беруть участь у захисті рослин від комах, травоядних тварин і мікроорганізмів [95, 103, 112, 114].

Він є цінною лікарською культурою, яка має тривалу історію використання у народній медицині, парфумерії та фармацевтичній промисловості. У деяких країнах Європи та на Сході трава гісопу застосовується під час приготування страв у якості приправи, що надає їжі специфічного приємного присмаку та аромату [3].

*Hyssopus officinalis* L. має насичений ароматний запах і сильний смак. Його екстракти та олія використовуються в багатьох харчових продуктах, таких як приправи та напої, включаючи гіркі напої та лікери [101]. Молоді і нездерев'янілі пагони гісопу лікарського, що починають квітнути, мають терпкий пряний гіркуватий смак і приємний аромат, їх використовують для ароматизації страв. Свіжу зелень рослин додають у салати, супи, фарші, паштети, овочеві страви, висушену і протерту – у дієтичні страви, м'ясні продукти [12]. Використання зелені гісопу в їжу сприяє травленню, підвищує апетит, тонізує організм, діє як загальнозміцнювальний засіб [14].

Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) – перспективна ефіроолійна, пряноароматична, лікарська рослина-інтродуцент, яку останнім часом культивують у різних регіонах України [13, 126].

Гісоп використовують як пряну траву завдяки специфічному м'ятному запаху, гострому смаку, консервуючим і травним властивостям. Ефірні олії рослини застосовуються як ароматизатори в чаях, безалкогольних напоях, цукерках, різноманітних закусках, жувальній гумці, випічці, морозиві, заморожених стравах, алкогольних напоях, лікерах і аперитивах. Знамениті французькі лікери *Vénédictine* і *Chartreuse* містять гісоп як один з основних інгредієнтів [81].

До ефіроолійних належить значна кількість рослин, які культивуються з метою отримання летких ароматичних речовин, відомих під загальною назвою ефірні олії. Залежно від ботанічного виду, ефірні олії можуть синтезуватися та накопичуватися в різних органах рослини – листках, квітках, плодах, стеблах або корінні – причому їх кількісний вміст і локалізація мають видові та іноді сортові особливості. Ці сполуки широко застосовуються у різних галузях промисловості: парфумерно-косметичній, фармацевтичній, харчовій, миловарній, тютюновій, консервній та інших, завдяки своїм ароматичним, антисептичним, консервантом і терапевтичним властивостям. На анатомічному рівні ефірні олії можуть бути дифузно розподілені в клітинах рослинної тканини, перебуваючи в розчиненому або емульгованому стані в цитоплазмі або клітинному соці. Однак у більшості випадків вони локалізуються в спеціалізованих секреторних структурах – ефіроолійних залозках, судинах, каналцях або порожнинах, які виявляються під час мікроскопічного аналізу [27, 55, 86].

Сьогодні, окрім традиційного лікарського використання, ефіроолійні культури, в тому числі і гісоп лікарський, використовують для виготовлення ароматичних косметичних засобів і парфумів, а також харчових ароматизаторів. Попит на продукцію рослинного походження зростає на тлі глобальної тенденції до використання екологічно безпечних і натуральних інгредієнтів. У зв'язку з цим ефіроолійні культури продовжують зберігати актуальність і демонструють стабільне розширення ареалу культивування,

що супроводжується зростанням обсягів виробництва ефірних олій у різних регіонах світу, включаючи Україну [44, 75, 82].

Лікарські та ароматичні рослини здавна використовувалися як джерело біологічно активних сполук, що знайшли застосування в обрядах, ароматизації харчових продуктів, а також у медицині, косметології та засобах особистої гігієни [68, 69, 70]. Ці сполуки - це вторинні метаболіти, які виконують багато функцій у рослинах, наприклад, від сигналізації до молекул оборони, покращуючи шанси рослини на виживання, коли стикаються з несприятливими умовами навколишнього середовища [45]. Ефірні олії переважно складаються з летких, хімічно складних органічних сполук, які малорозчинні або практично нерозчинні у воді. Основу їх хімічного складу становлять представники класів монотерпенів і сесквітерпенів, що зумовлює характерний аромат, біоактивність та фізико-хімічні властивості ефірних олій [115], що представляють один з чотирьох основних біологічних класів природних сполук, поряд із поліфенолами, алкалоїдами та глікозидами [109, 110]. Хоча ефірні олії використовувались століттями, деякі культури все ще використовують їх для свого терапевтичного потенціалу як антисептики, антиоксидантів та антивірусних речовин [48, 56, 57, 59, 92, 93], для екологічного сільського господарства, наприклад, як пестицидів, і як репеленти для комах та кліщів [61, 62, 65, 76]. Один побічний продукт ефірних масел-це гідролати (HDS), які складаються в основному з води, що містить менше 1% гідрофільних біоактивних речовин [115].

Сьогодні агропромисловий комплекс України стикається з двома проблемами: введення цінних культур ефірної групи в різних регіонах країни, оскільки відомо, що ґрунт та кліматичні умови суттєво не впливають на вміст ефірної олії і менш важливі, ніж види та сорти з високою економічною цінністю [85, 87]. Ефіроолійні культури мають значне народногосподарське та фармакологічне значення завдяки вмісту біологічно активних речовин, зокрема ефірних олій. У зв'язку з цим їх культивують у

багатьох країнах світу з відповідними кліматичними умовами, що сприяють накопиченню цінних вторинних метаболітів. Продукція, отримана з ефіроолійних рослин – ефірні олії, екстракти, настоянки – широко застосовується у парфумерно-косметичній, харчовій, фармацевтичній та медичній промисловості. Серед таких культур особливу увагу привертає гісоп лікарський, що характеризується високим вмістом ефірної олії з вираженими антимікробними, протизапальними та тонізуючими властивостями. Біологічно активні сполуки гісопу, а також лаванди, чебрецю, розмарину активно використовуються у виробництві лікарських препаратів, засобів гігієни (зубні еліксири, ополіскувачі), косметичних кремів та в ароматерапії. Попит на натуральні ефірні олії зумовлює стабільно високі ціни на світовому ринку, що робить вирощування ефіроолійних культур, зокрема гісопу лікарського, економічно вигідним напрямом для сільськогосподарського виробництва [25, 34, 50].

Використання ефірних олій у традиційній медицині практикується з давніх часів історії людства завдяки їх широкому спектру біологічних властивостей, таких як антимікробна, протівірусна, антимутагенна, протиракова, антиоксидантна, протизапальна, імуномодулююча та протипротозойна активність [42, 43]. Ефірні олії є потужними антиоксиданами. Існують також докази того, що ефірні олії мають великий протизапальний потенціал, який може бути пов'язаний не лише з їх потужним антиоксидантним потенціалом, але й з їхньою взаємодією із сигнальними каскадами, що включають експресію прозапальних генів та транскрипційних факторів [35].

Олії гісопу зазвичай характеризуються пінокамфонами, але варіабельність їх складу є широкою. Ефірні олії, проявляючи алелопатичні, антибактеріальні та протигрибкові властивості, активні проти багатьох збудників хвороб рослин. Більше того, олії виявляють потенційну протигрибкову та антимікробну дію проти багатьох харчових патогенів, дуже

корисні для покращення органолептичних властивостей, запобігання псуванню та збільшення терміну зберігання харчових продуктів [49].

Вихід ефірних олій із висушених у тіні листків, квітів і стебел *Hyssopus officinalis* L. становить 4,2, 4,4 і 0,22% відповідно. Всього 57 компонентів, що становить 99,8% олії листя; 44 компоненти, що становлять 99,4% квіткової олії і 57 компонентів, що становлять 88,4% композицій стеблової олії [101].

Дослідженнями Mehraie та ін. [88] встановлено, що загальний відсоток 33 ідентифікованих компонентів ефірної олії гісопу лікарського склав 99,75%. Основними компонентами були ізопінокамфон, пінокамфон і  $\beta$ -пінен відповідно. Це дослідження було подібне до Fatemeh Fathiazad et al. дослідження [64]. Крім того, Moro et al. оцінили сполуки ефірної олії гісопу лікарського та визначили, що чотири сполуки були основними сполуками в ефірній олії та мали максимальний діапазон (включаючи  $\alpha$ -пінен, ізопінокамфон,  $\beta$ -бурбонен та  $\beta$ -каріофіллен), що  $\alpha$ -пінен та ізопінокамфон (як основні сполуки) були подібні до цього дослідження [94].

Хімічний склад ефірної олії гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) значною мірою залежить від умов вирощування, що підтверджується результатами досліджень, проведених у різних регіонах. Так, у зразках гісопу, вирощеного в умовах півдня України, зокрема на Херсонщині, було ідентифіковано 32 леткі компоненти, серед яких основну частку становили пінокамфон та його похідні – до 71,7% масової частки в загальній ефірній олії. Подібний хімічний профіль спостерігається і в зразках гісопу, культивованого на Південному березі Криму, де вміст пінокамфону та споріднених сполук варіював у межах 72,6–78,7%. У передгірських районах Криму домінування зазначених мономерів також було значним – до 73,5%, що свідчить про адаптивну стабільність цього компонентного складу в умовах посушливого і субтропічного клімату. Водночас у регіонах із менш сприятливими кліматичними умовами, зокрема в Західному Сибіру, спостерігається зниження вмісту пінокамфону та ізопінокамфону до 59,3%, що, ймовірно, зумовлено впливом температурного режиму, освітленості та

типу ґрунту на синтез вторинних метаболітів у рослині. Загалом, географічна варіабельність якісного та кількісного складу ефірної олії гісопу лікарського обумовлює необхідність зонального підходу до його вирощування з метою отримання сировини з оптимальним хімічним профілем для подальшого використання у фармацевтичній і косметичній промисловості [25].

Урожайність гісопу з гектара коливається від 10 до 20 кг ефірної олії [108].

Дослідженнями Pokajewicz K. [104] встановлено, що сортові особливості та погодні умови в роки досліджень впливають на вміст та хімічний склад ефірної олії в рослинній сировині.

За даними Nemeth-Zambori та ін. [100] спостерігалася сильна негативна кореляція між кількістю опадів та рівнем накопичення летких органічних сполук у квітучих пагонах: дощ під час розвитку квітів негативно впливає на врожайність.

Окрім олії, екстракти гісопу також пригнічують окислення ліпідів і деградацію пігментів гему, викликане приготуванням і зберіганням, і можуть бути корисною добавкою для обробки м'яса для запобігання окисленню ліпідів і знебарвленню [60].

## **1.2 Вплив оптимізації живлення на продуктивність лікарських рослин**

Гісоп лікарський позитивно реагує на застосування азотно-фосфорних мінеральних добрив. При цьому, регламент їх внесення має другорядне значення порівняно із дозами [3].

Широко питання удобрення гісопу лікарського висвітлено у працях [6, 8, 9].

На ріст, розвиток і виробництво лікарських і ароматичних рослин впливають генетичні, екологічні та агрономічні фактори та ефекти їх взаємодії [46, 122]. При цьому, вибір оптимальної дози добрив, що

використовуються в кожній місцевості, заснований на екологічних умовах і відповідних системах живлення, є дуже важливими факторами для досягнення лікарськими і ароматичними рослинами максимальної кількості біологічно активних речовин [37].

Згідно з Naderi et al. [98], застосування на гісопі звичайного NPK добрива (50:40:50) забезпечило одержання 1,7% ефірної олії, без помітних змін порівняно з контролем. В іншому випадку використання коров'ячого гною призвело до найвищої врожайності олії 5,4 кг га<sup>-1</sup>, перевищивши контроль, який дав 3,7 кг га<sup>-1</sup> ефірної олії. Крім того, постачання NPK добривом призвело до найвищого значення ізо-пінокамфону (43,3%) у рослинах порівняно з контрольною обробкою, яка мала значення 39,3%. Контрольна обробка показала найвище значення пінокамфону (14,1%), тоді як обробка гноєм великої рогатої худоби мала значення 11,7%.

За даними Коваленка О. А. [10] найбільш розвинуті рослини гісопу лікарського були зафіксовані на фоні N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та обробки рослин у фази гілкування та бутонізації Хелафітом комбі. У цьому варіанті нараховувалося найбільша кількість стебел на одній рослині (59 шт.), висота рослин становила 71,4 см, діаметр куща – 66 см, а витрати води на формування одиниці врожаю квіткової маси були найменшими (584 м<sup>3</sup>/т). Урожайність гісопу за кращого варіанту становила 7,92 т/га, вихід ефірної олії – 95,04 кг/га.

В умовах півдня України, внесення мінеральних добрив на фоні краплинного зрошення підвищувало врожайність квіткової маси гісопу лікарського. Так, під час внесення мінеральних добрив прибавка врожаю становила 7,7–20,3 ц/га. Найбільшу урожайність 52,6–53,7 ц/га сухої квіткової сировини одержано у варіанті, де вносили 50% дози мінеральних добрив у розкид і 50% – з поливною водою за дотримання режимів зрошення 80–70–70% НВ та 90–80–70% НВ [6].

Дослідженнями Gholamreza та ін. [74] встановлено значне збільшення деяких характеристик і властивостей гісопу лікарського порівняно з

контролем. Застосування хімічних добрив у дозі 2824 кг/га забезпечило нагромадження найбільшої біомаси, але найвищий вихід ефірної олії було отримано при застосуванні хімічних добрив сумісно з препаратом Нітроксин, що значно підвищило вихід ефірної олії на 4,1 кг/га та біомаси на 2530 кг/га.

Більш того, внесення добрива NPK призвело до найвищого значення ізо-пінокамфону (43,3%) у рослинах порівняно з контрольним варіантом, який мав значення 39,3%. Контрольний варіант показав найвище значення пінокамфону (14,1%), тоді як обробка гноєм великої рогатої худоби мала значення 11,7% [73, 78].

За даними Lykhovud P. та ін. [16, 84] продуктивність валеріани лікарської, очевидно, далеко не повністю визначається лише фоном мінерального живлення, тож для кращої оцінки продуктивності культури варто розробляти більш комплексні моделі та додаткові моделі з урахуванням інших агротехнічних і біологічних факторів.

За даними Повлін І. Е. [19] на варіантах з поєднанням внесення органічних та мінеральних добрив якість продукції зростає в порівнянні до контрольного варіанта, підвищується вміст сухої речовини, вітаміну С, цукрів, ефірної олії. Найбільш високі показники якості спостерігаються на варіанті з внесенням 60 т/га гною  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Дослідженнями Naderi та ін. [98] встановлено, що відсоток ефірної олії був максимальним (1,66%) при застосуванні добрива  $N_{50}P_{40}K_{50}$  і не мав суттєвої різниці порівняно з контрольним варіантом. Найвище значення виходу олії (5,389 кг/га) було досягнуто при обробці гноєм, що збільшило вихід олії порівняно з контролем (3,718 кг/га). Найвищий вміст ізопінокамфону (43,32%) було отримано з рослин, які отримували добриво  $N_{50}P_{40}K_{50}$ , порівняно з контрольним варіантом (39,32%). На контрольному варіанті найвищий вміст пінокамфону (14,11%) порівняно з варіантом, де вносили гній великої рогатої худоби (11,59%).

Онорато та ін. [78] встановили, що застосування органічних добрив значно покращило як врожайність, так і хімічний профіль ефірних олій

чебрецю (*Thymus vulgaris* L.). Зокрема, рослини, оброблені 9 кг/м<sup>2</sup> гною великої рогатої худоби в поєднанні з 3 кг/м<sup>2</sup> зеленого добрива, досягли найвищої концентрації тимолу, зареєстрованої на рівні 65,4%. Крім того, використання цих органічних добрив не тільки посилило виробництво ефірних олій, але й підвищило антиоксидантні властивості чебрецю.

У дослідженнях Mwithiga et al. [96] визначено, що вихід ефірної олії з розмарину (*Rosmarinus officinalis* L.) не показав значних коливань при культивуванні в умовах лише гною великої рогатої худоби, гною великої рогатої худоби в поєднанні з добривом або тільки добрива. Тим не менш, якість олії розмарину значно покращилася із застосуванням гною великої рогатої худоби порівняно з іншими методами удобрення.

Результати досліджень Darzi та ін. [52] показали, що найбільша висота рослин і кількість гілок на рослині були отримані на варіанті з інтегрованим внесенням 20 т/га компосту, біодобрива; максимальна сира маса рослин і врожайність трави гісопу лікарського у свіжому вигляді - на варіанті з внесенням 20 т/га компосту. Крім того, найбільша суха маса рослин була отримана при інтегрованому застосуванні 10 т/га компосту, 6 т/га біогумусу та біодобрива, а найбільша суха маса трави, вміст ефірної олії та вихід ефірної олії - при інтегрованому застосуванні 12 т/га біогумусу та біодобрива. Застосування вермикомпосту завдяки високій здатності рослин засвоювати мінеральні поживні речовини, такі як N, P і K, і подальше збільшення кількості біомаси позитивно впливає на підвищений вміст ефірної олії. Збільшення виходу ефірної олії при застосуванні 12 тонн біогумусу на гектар та біодобрива може бути пов'язане з покращенням таких характеристик врожаю, як вміст сухої трави та ефірної олії.

За даними Ghanbari-Odivi та ін. [73] на ґрунтах з бідним вмістом органічного вуглецю та фосфатів, сільськогосподарські виробники, які вирощують гісоп лікарський для отримання біомасі і ефірної олії, повинні використовувати середній рівень пташиного посліду. Однак для

фармацевтичної промисловості слід також розглянути альтернативні способи обробки добривами.

Fallah et al. [63] повідомили, що під час першого збору врожаю *Dracocephalum kotschyi* найвищі рівні нералю (28,2%) і гераніалу (26,8%) були зареєстровані в рослинах, оброблених овечим гноєм і хімічним добривом відповідно. Необроблені рослини також виробляли значну кількість  $\alpha$ -пінену (15,5%), що було порівнянно з рівнями, виявленими при обробці пташиного посліду.

Результати досліджень Tabrizi та ін. [117] встановлено позитивну дію біопрепаратів на продуктивність рослин гісопу лікарського. Так, на варіанті застосуванням Super Nitro Plus і суміші *Glomus intraradices* і *Pseudomonas fluorescens* рослини формували вищу урожайність та кращу якість ефірної олії порівняно з контролем.

Обробка рослин гісопу лікарського Zn NC сприяла покращенню якісних показників ефірної олії, зокрема забезпечила підвищення рівня біологічно активних сполук і покращення профілів аромату. Препарат Zn NC був запропонований як стимулятор росту рослин, який може опосередковано впливати на виробництво ефірної олії шляхом сприяння загальному метаболізму рослин [71]. У порівнянні з контролем, нанодобриво Zn на рівнях 2 і 4 мг збільшило частку ефірної олії та ізопінокамфону, основних компонентів *гісопу лікарського*. Встановлено, що Zn NS, очевидно, змінив основні компоненти олії *гісопу лікарського*. Нанодобриво Zn значно підвищило концентрацію обох форм насичених киснем сесквітерпенів і монотерпенів, насичених киснем, порівняно з контрольною обробкою. Використання цинкових нанодобрив змінює метаболічний шлях терпену [120].

За результатами Ghanbari odivi та ін. [72] під час першого скошування (24 червня) максимальний вміст хлорофілу а і b спостерігався за умов підживлення PM40 і CF, відповідно. Обробки PM40, PM70, PM100 та CF мали максимальну біомасу гісопу лікарського (3760, 3672, 3632 та 3576 кг/га

відповідно). Найвищий вміст ефірної олії було отримано при обробці РМ40, СF і РМ70, в середньому 1,49%, 1,33% і 1,3%, відповідно. Однак найвищий вихід ефірної олії спостерігався у варіантах з внесенням добрив РМ40, РМ70, СF і РМ100 (56,3, 47,8, 47,3 і 43,8 кг/га відповідно). Під час другого укосу (5 вересня) найвищий вміст хлорофілу а (7,6, 7,2, 7,1 і 6,9 мкг/мл відповідно) спостерігався у варіантах із внесенням РМ40, СF, СМ40 і SM40, а найвищий вміст хлорофілу b (6,8, 6,7 і 6,5 мкг/мл відповідно) - у варіантах із внесенням СF, РМ40 і РМ70. Максимальна біомаса гісопу лікарського спостерігалася за умов підживлення РМ40 та РМ70, в середньому 2801 та 2746 кг/га, відповідно. Кількість ефірної олії, отриманої з підживлених рослин, суттєво не відрізнялася від контрольної обробки. Однак, обробка РМ40 та РМ70 мала максимальний вихід ефірної олії - у середньому 50,7 та 43,6 кг/га відповідно.

Дослідженнями Darzi та ін. [53] визначено, що найвищі врожайність трави (2601,6 кг/га-1), вміст ефірної олії (0,20%) та вихід ефірної олії (5,21 кг/га-1) були отримані при інтегрованому застосуванні 12 т/га вермикомпосту та біодобрива (азотфіксуючі бактерії) (2 л/га). Максимальний вміст цис-пінокамфену (63,56%) і бета-фелландрену (9,71%) та мінімальний вміст транс-пінокамфену (2,50%) в ефірній олії отримано при інтегрованому застосуванні 10 т/га компосту, 6 т/га-1 вермикомпосту та біодобрива, а найвищий вміст валеріанолу (5,36%) та фітолу (2,19%) в ефірній олії - при застосуванні 20 т/га компосту.

Застосування різних добрив разом з L-фенілаланіном у двох досліджуваних концентраціях (500 і 1000 мг/л) призвело до значного підвищення концентрації більшості поживних елементів, включаючи азот (N), фосфор (P), калій (K) і мікроелементи [залізо (Fe), цинк (Zn), марганець (Mn) і мідь. (Cu)] в листі порівнювали з контролем. Серед них застосування грибних добрив і біогумусу, L-фенілаланін × грибкове підживлення та фенілаланін × вермикомпост мало найбільший вплив на збільшення цих ознак [38].

Альгінат натрію та його похідні є перспективним засобом для підвищення якості врожаю гісопу лікарського. Позакореневе внесення деполімеризованого альгінату натрію (DSA) з молекулярною масою 64 000 г/моль при 50 і 100 мг/дм<sup>3</sup> значно покращило індекс хлорофілу листя (на 22,9 і 30,3% відповідно), надземної рослини як свіжої (на 24,1% і 28,2%, відповідно), так і сухої маси (на 30,1% і 32,8%) відповідно) відносно контролю. DSA при 50 і 100 мг/дм<sup>3</sup> стимулював концентрацію азоту, кальцію, міді, марганцю і цинку в надземних тканинах гісопу лікарського на 18,9-31,1%, 32,9-77,2%, 44,7-43,2%, 69,3-41,8 і 40,6-33,3% відповідно. Крім того, застосування DSA у кількості 100 мг дм<sup>-3</sup> збільшило концентрацію фосфору та калію на 38,9% та 24,3% відповідно. Обробка біостимулятором не вплинула на вміст магнію, бору та заліза. Використання DSA показало комерційний потенціал для підвищення продуктивності гісопу лікарського [111].

### **1.3 Вплив зрошення на продуктивність лікарських рослин**

Нестачу ґрунтової вологи можна компенсувати поливною водою за допомогою системи краплинного зрошення, яка добре зарекомендувала себе за вирощування сільськогосподарських культур, зокрема у лікарському рослинництві [21, 22, 24].

За даними Глуценко Л. А. та ін. [5] лише за рахунок застосування такого елемента, як зрошення, можна значно збільшити урожайність культур. Для отримання високих врожаїв якісної сировини можна застосовувати й інші прийоми вирощування з використанням засобів захисту, районованих високопродуктивних сортів, ефективнішої чи спеціалізованої техніки для висіву, догляду та післязбиральних технологій (включаючи ефективні методи зневоднення) тощо. Усі ці заходи сприяють покращенню продуктивності лікарських та ефіроолійних культур, а також дозволяють мінімізувати собівартість виробничих процесів.

Дослідженнями Приведенюк Н. В. та Глущенко Л. А. [20] встановлено, що оптимальні умови росту, розвитку рослин для формування якісної сировини материнки звичайної складаються за розсадного способу вирощування із застосуванням краплинного зрошення.

За даними Марковської О. Є. та Стеценко І. І. [18] продуктивність рослин лавандину суттєво залежала від способів зрошення, систем удобрення та року використання насаджень (у перші три роки життя). Найбільшу продуктивність квіткової сировини (9,83 та 9,81 т/га) на третьому році використання насаджень рослини лавандину формували за спринклерного способу зрошення та органічної й мінеральної систем живлення, за яких добрива вносили з поливною водою. Найвищий показник виходу ефірної олії лавандину з одного гектару отримано у варіанті підґрунтового краплинного зрошення за органічної системи удобрення на третьому році використання насаджень, де він становив 147,4 л/га.

За даними Приведенюк Н. В. та ін. [22] в умовах зрошення застосування регуляторів росту сприяло збільшенню врожайності сухих коренів алтеї лікарської на 0,12– 0,47 т/га відносно контролю. Найвищу продуктивність трави алтеї лікарської було отримано за застосування препаратів Емістин та Вимпел, де врожайність становила 4,69 та 4,88 т/га без застосування краплинного зрошення, у варіантах на фоні зрошення врожайність сягала 7,31 і 7,44 т/га сухої сировини.

Дослідженнями Ушкаренка В. О. та ін. [28] встановлено, що найбільшу урожайність суцвіть шавлії мускатної - 15,01 т/га забезпечує вирощуванні культури за краплинного зрошення та внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{90}$ .

Застосування зрошення призводить і до негативних наслідків, зокрема збільшення забур'яненості. За даними Стеценко І. І. [26] початкова забур'яненість насаджень лавандину першого-третього років використання у період весняного відростання рослин була високою та суттєво залежала від способів зрошення й систем удобрення насаджень. Зрошення призводило до

збільшення кількості бур'янів, особливо за використання спринклерного способу поливу.

У природно-кліматичних умовах Південного Степу України потенційна врожайність сучасних сортів лаванди в умовах богарного землеробства становить 4,0–5,0 т/га, тоді як за умов зрошення може досягати 7,0 т/га. Вміст ефірної олії в сировині варіює в межах 1,5–3,8%, що забезпечує урожайність ефірної олії на рівні 50–83 кг/га залежно від сорту, агротехніки та погодних умов [7, 29].

Застосування зрошення загалом позитивно впливало на продуктивність лавандину, сприяючи підвищенню врожайності квіткової сировини та зростанню загального виходу ефірної олії [17]. Крім того у рослин, що вирощувалися за оптимальних умов зволоження, показники фотосинтетичної активності, а також ріст і розвиток надземної маси були суттєво вищими порівняно з тими, що зростали за дефіциту вологи [67, 116]. Також є дані щодо впливу умов зволоження на фармацевтичні властивості, якість та кількість ефірної олії, які погіршувалися чи мали менші значення за умов дефіциту вологи [121].

Отже, використання зрошення сприяє не лише зростанню продуктивності лікарських рослин, а й якості сировини.

### **Висновки до розділу 1:**

1. Лікарське рослинництво є окремою галуззю рослинництва, що спеціалізується на вирощуванні лікарських рослин з метою отримання сировини для подальшої переробки та виробництва лікарських засобів на фармацевтичних підприємствах.

2. Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) – цінна пряно-ароматична, ефіроолійна і лікарська рослина родини Губоцвіті (*Lamiaceae*).

3. Аналіз результатів досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців показує, що для повної реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів

гісопу лікарського потребують удосконалення агротехнічних заходів – системи живлення та зрошення.

4. На сучасному етапі в Україні відсутні науково обґрунтовані та адаптовані до виробничих умов технології вирощування гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) у промислових масштабах, а наявні відомості щодо особливостей його агротехніки носять переважно узагальнений і фрагментарний характер.

За матеріалам розділу опубліковано дві наукові праці [6, 8].

### **Список використаних джерел до розділу 1:**

1. Атлас географічного районування лікарських та ефіроолійних культур, занесених у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні та поширених у природних фітоценозах : біол.-геогр. атлас / Р. А. Вожегова, П. В. Лиховид, О. О. Пілярська. Одеса : Олді+, 2023. 16 с.

2. Біляєва І.М., Лиховид П.В., Сінгаєвський А. Проблеми лікарського рослинництва в Україні. Інноватика в сучасній освіті та науці: теорія, методологія, практика: Матеріали IV Міжнародного літнього наукового симпозіуму (м. Одеса, 30-31 липня 2021 р.). Одеса: ГО «Інститут інноваційної освіти», 2021. С. 80-83.

3. Вожегова Р. А., Коваленко О. А., Лиховид П. В., Пілярська О. О., Качанова Т. В. Моделювання врожайності гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від дози та регламенту внесення мінеральних добрив. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 18-24.

4. 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 наук.-практ. конф. з міжнар. участю (10–11 листоп. 2016 р.).

Тернопіль : ТДМУ, 2016. С. 37 – 38.

5. Глущенко Л. А., Приведенюк Н. В. Перспективи вирощування лікарських, ефіроолійних і пряноароматичних культур. *Збалансоване природокористування*. 2023. №4. С. 41 – 49.

6. Добровольський П. А. Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. № 120. 2021. С. 36-42.

7. Зінов'єв В. С., Манушкіна Т. М. Особливості вирощування сортів лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) в умовах Півдня України. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 13-14 березня 2018 р. Київ : Агроосвіта, 2018. С. 376–377.

8. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В., Добровольський П. А. Перспективи дослідження ефіроолійних культур на Миколаївщині. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали Х міжнарод. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 29 квітня 2022 р.). С. 49.

9. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В. Як вирощувати нову пряно-ароматичну культуру гісоп лікарський у південній частині Степу України. *The Ukrainian FARMER* : партнер сучасного фермера. 2019. № 2 (110). С. 122–123.

10. Коваленко О. А. Елементи живлення гісопу лікарського за краплинного зрошення на півдні України. *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 51-59.

11. Корнієнко С. І., Горова Т. К., Хареба О. В., Повлін І. Е., Кормош С. М. Біохімічний, лікувальний потенціал і технологія вирощування вітчизняного сорту гісопу лікарського Атлант. *Проблеми агропромислового комплексу Карпат*. 2017. Вип. 25-26. С. 102-109.

12. Котюк Л. Онтоморфогенез *Hyssopus officinalis* L. за умов інтродукції в ботанічному саду ЖНАЕУ. *Modern Phytomorphology*. 2015. 7. С.

135-146.

13. Котюк Л. Особливості мікроморфологічної будови гісопу лікарського. *Modern Phytomorphology*. 2016. 10. С. 59–67.

14. Котюк Л. А. Біохімічний склад інтродуцента *Hyssopus officinalis* L. залежно від сортових особливостей. *Вісник Львівського університету*. 2013. Вип. 62. С. 302–308.

15. Котюк Л. А., Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Котюк С. В. Біохімічні особливості гісопу лікарського у зв'язку з інтродукцією в умовах Полісся України. Матеріали Другої міжнародної наукової та закритої Інтернет-конференції "Лікарська гентодта: від досвіду минулого до сучасних технологій"-Полтава, 2013. С. 46 – 50.

16. Лиховид П. В., Біляєва І. М., Пілярський В. Е., Пілярська О. О. Модель продуктивності валеріани лікарської залежно від дози внесення мінеральних добрив. Сучасні напрями досліджень у сфері агрономії, тваринництва, рибного та лісового господарства: матеріали I Міжнародної спеціалізованої наукової конференції, м.Полтава, 30 квітня, 2021 р. 2021. С. 21-24.

17. Марковська О. Є., Стеценко І. І., Свиденко Л. В. Компонентний склад ефірної олії *Lavandula angustifolia* Mill. і *Lavandula hybrida* Rev. за умов вирощування на півдні України. Перспективні напрями та інноваційні досягнення аграрної науки : матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., м. Херсон, 22 травня 2020 р. Херсон, 2020. С. 38–40.

18. Марковська О. Є., Стеценко І. І. Продуктивність лавандину сорту Іній залежно від способів зрошення та систем удобрення. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 138 – 147.

19. Повлін І. Е. Вирощування гісопу лікарського в низинній зоні Закарпаття. *Acta Academiae Beregsasiensis*. 2011. №2. С. 131 – 135.

20. Приведенюк Н. В., Глущенко Л. А. Адаптація технології вирощування материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.) до вимог ГАСР. *Вісник аграрної науки*. 2020. 1(802). С. 47 – 52.

21. Приведенюк Н. В., Глущенко Л. А., Трубка В. А. Вплив способів вирощування розсади та площі живлення на ріст та розвиток меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.) в умовах краплинного зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 91–97.

22. Приведенюк Н. В., Глущенко Л. А., Трубка В. А. Ефективність мінеральних добрив за вирощування алтеї лікарської (*Althea officinalis* L.) в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 134–140.

23. Приведенюк Н. В., Трубка В. А., Глущенко Л. А. Продуктивність алтеї лікарської (*Althaea officinalis* L.) за використання регуляторів росту та краплинного зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 121 – 127.

24. Ромащенко М. І., Шатковський А. П., Васюта В. В. Стан і перспективи застосування мікрозрошення в умовах змін клімату. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 2. С. 31–38.

25. Свиденко Л. В., Єжов В. М. Перспективи вирощування деяких ефіроолійних культур у Степу Південному. *Вісник аграрної науки*. 2015. С. 20 – 24.

26. Стеценко І. І. Забур'яненість насаджень лавандину за різних способів зрошення та систем удобрення. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 206 -211.

27. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Морфологічні особливості гісопу лікарського. Рослинництво XXI столітті: виклики та інновації : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. до 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України, м. Київ, 25 – 27 верес. 2019 р. Київ, 2019. С. 35-37.

28. Ушкаренко В. О., Шепель А. В., Чабан В. О., Приймак В. В. Вплив добрив, обробітку ґрунту, строків та способів посіву на урожайність шавлії мускатної в зрошуваних умовах Південного Степу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. 2(84).

29. Характеристика компонентного складу ефірної олії сортів *Lavandula angustifolia* Mill. для використання в медицині та парфумерії / Л. Свиденко та ін. Сучасні аспекти збереження здоров'я людини : зб. пр. Х

Міжнар. міждисциплінар. наук.-практ. конф., м. Ужгород, 21–22 квіт. 2017 р.  
/ ред. Т. М. Ганич. Ужгород, 2017. С. 266–267.

30. Цивунін В. В., Штриголь С. Ю., Прокопенко Ю. С., Георгіянц В. А. Скринінгове дослідження протисудомної активності сухих екстрактів із 8 видів рослин родин Solanaceae, Papaveraceae, Lamiaceae та Polemoniaceae. *Клінічна фармація*. 2012. № 4. С. 47–50.

31. Цивунін В. В., Штриголь С. Ю., Прокопенко Ю. С., Торянік Е. Л. Експериментальне визначення спектра протисудомної дії перспективних антиконвульсантів рослинного походження. *Український біофармацевтичний журнал*. 2014. № 3. С. 45–49.

32. Шатковський А. П., Приведенюк Н. В., Глуценко Л. А. Ефективність агротехнічних прийомів вирощування лікарських культур на зрошенні. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 2. С. 166–176.

33. A'cimovi'c M., Pezo L., Zeremski T., Lon'car B., Marjanovi'c Jeromela A., Stankovi'c Jeremic J., Cvetkovi'c M., Sikora V., Ignjatov M. Weather conditions influence on Hyssop essential oil quality. *Processes*. 2021. 9. 1152.

34. Abedian S., Abedi P., Jahanfar S., Iravani M., Zahedian M. The effect of Lavender on pain and healing of episiotomy: A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*. 2020. 53. 102510.

35. Abou Baker D.H., Amarowicz R., Kandeil A., Ali M.A., Ibrahim E.A. Antiviral activity of *Lavandula angustifolia* L. and *Salvia officinalis* L. essential oils against avian influenza H5N1 virus. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2021. 4. 100135.

36. Abourashed E. A., El-Alfy A. T. Chemical diversity and pharmacological significance of the secondary metabolites of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.). *Phytochemistry Reviews*. 2016. № 6. P. 1035–1056.

37. Aghaei K., Pirbalouti A. G., Mousavi A., Badi H. N., Mehnatkesh A. Effects of foliar spraying of l-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of hyssop [*Hyssopus officinalis* l. subsp. *Angustifolius* (Bieb.)]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019. Vol.

21. 101318.

38. Aghaie K., Ghasemi Pirbalouti A., Mousavi A., Naghdi Badi H., Mehnatkesh A. Effects of different fertilizers and the foliar application of L-phenylalanine on mineral contents of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]. *Horticultural Plants Nutrition*. 2022. 4(2). 13-28.

39. Ahmadi H., Babalar M., Sarcheshmeh M.A.A., Morshedloo M.R., Shokrpour M. Effects of exogenous application of citrulline on prolonged water stress damages in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.): Antioxidant activity, biochemical indices, and essential oils profile. *Food Chemistry*. 2020. 333. 127433.

40. Ahmadian S., Kenari R. E., Amiri Z. R., Sohbatzadeh F., Khodaparast M. H. H. Effect of ultrasound-assisted cold plasma pretreatment on cell wall polysaccharides distribution and extraction of phenolic compounds from hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. Vol. 233. 123557.

41. Ahmadian S., Kenari R. E., Amiri Z. R., Sohbatzadeh F., Khodaparast M. H. H. Fabrication of double nano-emulsions loaded with hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) extract stabilized with soy protein isolate alone and combined with chia seed gum in controlling the oxidative stability of canola oil. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 430. 137093.

42. Arsenijević J., Drobac M., Šoštarić I., Jevđović R., Živković J., Ražić S., Moravčević Đ., Maksimović Z. Comparison of essential oils and hydromethanol extracts of cultivated and wild growing *Thymus pannonicus* All. *Industrial Crops and Products*. 2019. 130. P. 162–169.

43. Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. Biological effects of essential - A review. *Food Chem. Toxicol*. 2008. 46. P. 446–475.

44. Bejar E. Adulteration of English Lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil. Botanical Adulterants Prevention Bulletin. Austin, TX: ABC-AHP-NCNPR Botanical Adulterants Prevention Program; 2020. P. 1-11.

45. Bernardini S., Tiezzi A., Laghezza Masci V., Ovidi E. Natural products for human health: An historical overview of the drug discovery

approaches. *Natural Product Research*. 2018. 32. P. 1926–1950.

46. Bistgani Z. E., Siadat S. A., Bakhshandeh A., Pirbalouti A. G., Hashemi M., Maggi F., Morshedloo M. R. Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 121. P. 434-440.

47. Borrelli F., Pagano E., Formisano C., Piccolella S., Fiorentino A., Tenore G. C., Izzo A. A., Rigano D., Pacifico S. *Hyssopus officinalis* subsp. *aristatus*: An unexploited wild-growing crop for new disclosed bioactives. *Industrial Crops and Products*. 2019. Vol. 140. 111594.

48. Chambre D.R., Moisa C., Lupitu A., Copolovici L., Pop G., Copolovici D.M. Chemical composition, antioxidant capacity, and thermal behavior of *Satureja hortensis* essential oil. *Scientific Reports*. 2020. 10. 21322.

49. Chrapačienė S., Rasiukevičiūtė N., Valiuškaitė A. Control of seed-borne fungi by selected essential oils. *Horticulturae*. 2022. 8(3). 220.

50. Csakvari A. C.; Moisa C.; Radu D. G.; Olariu L. M.; Lupitu A. I.; Panda A. O.; Pop G.; Chambre D.; Socoliuc V.; Copolovici L. Green synthesis, characterization, and antibacterial properties of silver nanoparticles obtained by using diverse varieties of *Cannabis sativa* Leaf Extracts. *Molecules*. 2021. 26. 4041.

51. Cui H., Zhang C., Li C., Lin L. Antibacterial mechanism of oregano essential oil. *Industrial Crops and Products*. 2019. 139. 111498.

52. Darzi M. T., Nekoo B. S. Effects of organic amendments and biofertilizer application on some morphological traits and yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Majallah-i Ulum-i Bāghbānī*. 2017. Vol. 30, Iss. 3. P. 491 – 500.

53. Darzi M. T., Nekoo B. S., Hadi M. R. H. S. Effects of organic fertilizers on essential oil composition and yield in sustainable cultivation of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Agroecology*. 2022. Vol. 14, Iss. 1. P. 53-68.

54. Détár E., Németh É.Z., Gosztola B., Demján I., Pluhár Z. Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula*

*angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). *Biochemical Systematics and Ecology*. 2020. 90. 104020.

55. Détár E., Zámboři-Németh É., Gosztola B., Harmath A., Ladányi M., Pluhár Z. Ontogenesis and harvest time are crucial for high quality lavender - role of the flower development in essential oil properties. *Industrial Crops and Products*. 2021. 163. 113334.

56. De Souza W.F. C., de Lucerna F. A., de Castro R. J. S., de Oliviera C. P., Quirino M. R., Martins L. P. Exploiting the chemical composition of essential oils from *Psidium cattleianum* and *Psidium guajava* and its antimicrobial and antioxidant properties. *Journal of Food Science*. 2021. 86. P. 4637–4649.

57. Diass K., Brahmi F., Mokhtari O., Abdellaoui S., Hammouti B. Biological and pharmaceutical properties of essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula officinalis* L. *Materials Today Proceedings*. 2021. 45. P. 7768–7773.

58. Druțu C. A., Lupu C., Naie M. The influence of nutrition space on the seed yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.), cultivated under ecological system at ARDS Secuieni. *Analele Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare Agricolă Fundulea*. 2024. Vol. 82. P. 243-250.

59. Dutra T.V., Castro J.C., Menezes J.L., Ramos T.R., do Prado I.N., Machinski M., Mikcha J.M.G., Filho B.A.d.A. Bioactivity of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil against *Alicyclobacillus* spp. *Industrial Crops and Products*. 2019. 129. P. 345–349.

60. Džamić A. M., Soković M. D., Novaković M., Jadranin M., Ristić M. S., Tešević V., Marin P. D. Composition, antifungal and antioxidant properties of *Hyssopus officinalis* L. subsp. *pilifer* (Pant.) Murb. essential oil and deodorized extracts. *Industrial Crops and Products*. 2013. Vol. 51. P. 401-407.

61. Ebadollahi A., Ziaee M., Palla F. Essential oils extracted from different species of the *Lamiaceae* plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. *Molecules*. 2020. 25. 1556.

62. Ebrahimi H., Mardani A., Basirinezhad M.H., Hamidzadeh A.,

Eskandari F. The effects of Lavender and Chamomile essential oil inhalation aromatherapy on depression, anxiety and stress in older community-dwelling people: A randomized controlled trial. *Explore*. 2021. P. 1–7.

63. Fallah S., Mouguee S., Rostaei M., Adavi Z., Lorigooini Z. Chemical compositions and antioxidant activity of essential oil of wild and cultivated *Dracocephalum kotschyi* grown in different ecosystems: A comparative study. *Industrial Crops and Products*. 2020. 143. 111885.

64. Fathiazad F., Hamedeyazdan S. A review on *Hyssopus officinalis* L.: composition and biological activities. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2011. 5(17). P. 1959–1966.

65. Firoozeei T. S., Feizi A., Rezaeizadeh H., Zargaran A., Roohafza H. R., Karimi M. The antidepressant effects of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.): A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Complementary Therapies in Medicine*. 2021. 59(9). 102679.

66. Galambosi B., Svoboda K., Deans S., Hethelyi E. Agronomical and phytochemical investigation of *Hyssopus officinalis*. *Agricultural and Food Science*. 1993. 2. P. 293–302.

67. García-Caparrós P., Romero M. J., Llanderal A., Cermeño P., Lao M. T., Segura M. L. Effects of drought stress on biomass, essential oil content, nutritional parameters, and costs of production in six Lamiaceae species. *Water*. 2019. Vol. 11, № 3. P. 573.

68. Garzoli S., Laghezza Masci V., Franceschi S., Tiezzi A., Giacomello P., Ovidi E. Headspace/GC-MS analysis and investigation of antibacterial, antioxidant and cytotoxic activity of essential oils and hydrolates from *Rosmarinus officinalis* L. and *Lavandula angustifolia* Miller. *Foods*. 2021. 10. 1768.

69. Garzoli S., Petralito S., Ovidi E., Turchetti G., Laghezza Masci V., Tiezzi A., Trilli J., Cesa S., Casadei M.A., Giacomello P. *Lavandula x intermedia* essential oil and hydrolate: Evaluation of chemical composition and antibacterial activity before and after formulation in nanoemulsion. *Industrial Crops and Products*. 2020. 145. 112068.

70. Garzoli S., Turchetti G., Giacomello P., Tiezzi A., Laghezza Masci V., Ovidi E. Liquid and vapour phase of lavandin (*Lavandula × intermedia*) essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Molecules*. 2019. 24. 2701

71. Geremew A., Carson L., Woldeesenbet S., Wang H., Reeves Sh., Brooks N. Effect of zinc oxide nanoparticles synthesized from *Carya illinoensis* leaf extract on growth and antioxidant properties of mustard (*Brassica juncea*). *Frontiers in Plant Science*. 2023. p. 14.

72. Ghanbari-Odivi A., Fallah S., Karimi M. Lorigooini Z. The effect of organic and chemical fertilizers on growth, yield and essential oil of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 2021. 11(2). P. 143-158.

73. 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. 10(9). 894.

74. Gholamreza N., Farahani E. The assessment effects of bio and chemical fertilizers on vegetative growth and essential oil of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Applied Ecology and Forestry Science*. 2015. 1(1). 1-4.

75. Giray F. H. An Analysis of world lavender oil markets and lessons for Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* . 2018. 21(6). P. 1612–1623.

76. Hay Y.-O., Sierra M., Sequeda-Castañeda L., Bonnafous C., Delgado Raynaud C. Evaluation of combinations of essential oils and essential oils with hydrosols on antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2018. 6. P. 216–230.

77. Heidari Z., Salehzadeh A., Sadat Shandiz S. A., Tajdoost S. Anti-cancer and anti-oxidant properties of ethanolic leaf extract of *Thymus vulgaris* and its bio-functionalized silver nanoparticles. *3 Biotech*. 2018. 8. 177.

78. Honorato A. D., Maciel J. F. A., de Assis R. M. A., Nohara G. A., de Carvalho A. A., Pinto J. E. B. P., Bertolucci S. K. V. Combining green manure and cattle manure to improve biomass, essential oil, and thymol production in *Thymus vulgaris* L. *Industrial Crops and Products*. 2022. 187. 115469.

79. Hudz N., Makowicz E., Shanaida M., Białoń M., Jasicka-Misiak I., Yezerska O., Svydenko L., Wieczorek P. P. Phytochemical evaluation of tinctures and essential oil obtained from *Satureja montana* herb. *Molecules*. 2020. 25. 4763.

80. Iftikhar M., Zhang H., Iftikhar A., Raza A., Begum N., Tahamina A., Syed H., Khan M., Wang J. Study on optimization of ultrasonic assisted extraction of phenolic compounds from rye bran. *LWT*. 2020. Vol. 134. 110243.

81. Judžentienė A. Chapter 53 - Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) Oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. 2016. P. 471-479.

82. Kara N., Baydar H. Determination of lavender and lavandin cultivars (*Lavandula* sp.) containing high quality essential oil in Isparta, Turkey. *Turkish Journal Of Field Crops*. 2013. 18(1). P. 58–65.

83. Kizil S., Hasimi N., Tolan V., Kilinc E., Karatas H. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) essential oil. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010. 38. P. 99–103.

84. Lykhovyd P. A life factor approach to the yield prediction: a comparison with a technological approach in reliability and accuracy. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. 20 (6). P. 177–183.

85. Makukha O., Markovska O., Mynkina H., Chernyshova Y. The impact of seeding dates and depth on the productivity of common fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. 9 (6). P. 1075–1083.

86. Markovska O. Y., Svydenko L. V., Dudchenko V. V., Sydiakina O. V. Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020, 21, 99–107.

87. Markovska O, Svydenko L., Stetsenko I. Comparative assessment of morphometric features and agronomic characteristics of *Lavandula angustifolia* Mill. and *lavandula hybrida* Rev. *Scientific Horizons*. 2020. 2(87). P. 24–31.

88. Mehraie A., Khanzadi S., Hashemi M., Azizzadeh M. New coating containing chitosan and *Hyssopus officinalis* essential oil (emulsion and nanoemulsion) to protect shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against chemical, microbial and sensory changes. *Food Chemistry*: X. 2023. Vol. 19. 100801.

89. Mićović T., Stanković J. S. K., Bauer R., Nöst X., Marković Z., Milenković D., Jakovljević V., Tomović M., Bradić J., Stešević D., Stojanović D., Maksimović Z. In vitro, in vivo and in silico evaluation of the anti-inflammatory potential of *Hyssopus officinalis* L. subsp. *aristatus* (Godr.) Nyman (*Lamiaceae*). *Journal of Ethnopharmacology*. 2022. Vol. 293. 115201.

90. Mir T. A., Jan M., Khare R. K., Bhat M. H. Medicinal plant resources: threat to its biodiversity and conservation strategies. *Medicinal and Aromatic Plants*. 2021. P. 717-739.

91. Moghtader M. Comparative evaluation of the essential oil composition from the leaves and flowers of *Hyssopus officinalis* L. *Journal of Horticulture and Forestry*. 2014. 6(1). P. 1–5.

92. Moisa C., Copolovici L., Pop G., Lupitu A., Ciutina V., Copolovici D. Essential oil composition, total phenolic content, and antioxidant activity-determined from leaves, flowers and stems of *Origanum Vulgare* L. Var. *Aureum*. *Sciendo*. 2018. 1. 555–561.

93. Moisa C., Lupitu A., Pop G., Chambre D. R., Copolovici L., Cioca G., Bungau S., Copolovici D. M. Variation of the chemical composition of *Thymus Vulgaris* essential oils by phenological stages. *Revista de Chimie*. 2019. 70. P. 633–637.

94. Moro A., Zalacain A., Hurtado de Mendoza J., Carmona M. Effects of agronomic practices on volatile composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oils. *Molecules*. 16 (5). 2011. P. 4131-4139.

95. Moukhles A., Mansour A., Ellaghdach A., Abrini J. Chemical composition and in vitro antibacterial activity of the pure essential oils and essential oils extracted from their corresponding hydrolats from different wild varieties of Moroccan thyme. *Journal of Materials and Environmental*

*Science*. 2018. 9. P. 235–244.

96. Mwithiga G., Maina S., Gitari J., Muturi P. Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) growth rate, oil yield and oil quality under differing soil amendments. *Heliyon*. 2022. 8. e09277.

97. Nadar S. S., Rao P., Rathod V. K. Enzyme assisted extraction of biomolecules as an approach to novel extraction technology: A review. *Food Research International*. 2018. Vol. 108. P. 309-330.

98. Naderi G., Mohammadi A., Alamouti M. Y. The effect of bio fertilizers, manure and chemical fertilizer on quantity and quality of essential oil of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 2023. 4. P. 439-447.

99. Naderi G., Mohammadi A., Younesi-Alamouti M. The effect of bio fertilizers, manure and chemical fertilizer on quantity and quality of essential oil of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*. 2023. 12. 439–447.

100. Nemeth-Zambori E., Rajhart P., Inotai K. Effect of genotype and age on essential oil and total phenolics in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2017. 90. P. 25–30.

101. Pandey V., Verma R. S., Chauhan A., Tiwari R. Compositional variation in the leaf, flower and stem essential oils of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) from Western-Himalaya. *Journal of Herbal Medicine*. 2014. Vol. 4, Iss. 2. P. 89-95.

102. Petrakou K., Iatrou G., Lamari F. N. Ethnopharmacological survey of medicinal plants traded in herbal markets in the Peloponnisos, Greece. *Journal of Herbal Medicine*. 2020. Vol. 19. 100305.

103. Pirbalouti A.G., Bajalan I., Malekpoor F. Chemical compositions and antioxidant activity of essential oils from inflorescences of two landraces of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)] cultivated in Southwestern, Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2019. 22. P. 1074–1081.

104. Pokajewicz K., Białoń M., Svydenko L., Fedin R., Hudz N. Chemical

composition of the essential oil of the new cultivars of *Lavandula angustifolia* Mill. Bred in Ukraine. *Molecules*. 2021. 26. 5681.

105. Popa C. L., Lupitu A., Mot M. D., Copolovici L., Moisa C., Copolovici D. M. Chemical and biochemical characterization of essential oils and their corresponding hydrolats from Six Species of the *Lamiaceae* Family. *Plants*. 2021. 10(11). 2489.

106. Prokopenko Yu., Georgiyants V. Methodological approaches to the search of new herbal anticonvulsants. Scientific Journal «ScienceRise: Pharmaceutical Science». 2018. № 2. C. 32–36.

107. Prokopenko Yu., Perekhoda L., Georgiyants V. Docking studies of biologically active substances from plant extracts with anticonvulsant activity. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2019. № 1. C. 66–72.

108. Rashidi S., Eikani M. H., Ardjmand M. Extraction of *Hyssopus officinalis* L. essential oil using instant controlled pressure drop process. *Journal of Chromatography A*. 2018. Vol. 1579. P. 9-19.

109. Ricci D., Epifano F., Fraternali D. The essential oil of *Monarda didyma* L. (*Lamiaceae*) exerts phytotoxic activity in vitro against various weed seed. *Molecules*. 2017. 22(2). 222.

110. Şahin S., Tokgöz B., Demir G. Effect of lavender aromatherapy on arteriovenous fistula puncture pain and the level of state and trait anxiety in hemodialysis patients: a randomized controlled trial. *Pain Management Nursing*. 2021. 22. P. 509–515.

111. Salachna P. Depolymerised sodium alginate as a eco-friendly biostimulant for improving herb yield and nutrient accumulation in Hyssop. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. 24(9). P. 105-111.

112. Sałata A., Buczkowska H., Nurzyńska-Wierdak R. Yield, essential oil content, and quality performance of *Lavandula angustifolia* Leaves, as affected by supplementary irrigation and drying methods. *Agriculture*. 2020. 10. 590.

113. Shanaida M., Hudz N., Białoń M., Kryvtsowa M., Svydenko L., Filipka A., Wieczorek P. P. Chromatographic profiles and antimicrobial activity

of the essential oils obtained from some species and cultivars of the *Mentheae* tribe (*Lamiaceae*). *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021. Vol. 28, Iss. 11. P. 6145-6152.

114. Sharmeen J. B., Mahomoodally F. M., Zengin G., Maggi F. Essential oils as natural sources of fragrance compounds for cosmetics and cosmeceuticals. *Molecules*. 2021. 26(3). 666.

115. Šilha D., Švarcová K., Bajer T., Královec K., Tesařová E., Moučková K., Pejchalová M., Bajerová P. Chemical composition of natural hydrolates and their antimicrobial activity on arcobacter-like cells in comparison with other microorganisms. *Molecules*. 2020. 25. 5654.

116. Szekely-Varga Z., González-Orenga S., Cantor M., Jucan D., Boscaiu M., Vicente O. Effects of drought and salinity on two commercial varieties of *Lavandula angustifolia* Mill. *Plants*. 2020. Vol. 9, №. 5. P. 637. URL: <https://doi.org/10.3390/plants9050637>.

117. Tabrizi L., Koocheki A., Ghorbani R. Effect of biofertilizers on agronomic criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 2018. 6.

118. Tahir M., Khushtar M., Fahad M., Rahman A. Phytochemistry and pharmacological profile of traditionally used medicinal plant Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2018. № 8. P. 132–140.

119. Tavakoli M., Aghajani Z. The effects of draught stress on the components of the essential oil of *Hyssopus officinalis* L. and determining the antioxidative properties of its water extracts. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2016. 6. P. 31–36.

120. Tavallali V., Bahmanzadegan A., Tazangi M. J. G., Lasibi M. J. M. Medicago sativa-mediated green synthesis of Zinc nano-complex: Impacts on the phytochemical properties of *Hyssopus officinalis* under Alkaline stress. *Food Chemistry Advances*. 2024. Vol. 5. 100812.

121. Variation of some traits of *Lavandula angustifolia* to drought stress for optimum water usage / A. Hasibi et al. *European journal of horticultural science*.

2022. Vol. 87, no. 4.

122. Vosoughi N., Gomarian M., Pirbalouti A. G., Khaghani S., Malekpoor F. Essential oil composition and total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) extract under chitosan application and irrigation frequencies. *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 117. P. 366-374.

123. 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. *Tavrian Scientific Herald*. 2023. Vol. 131. P. 36-45.

124. Wani N. A., Tantray Y. R., Wani M. S., Malik N. A. The conservation and utilization of medicinal plant resources. *Medicinal and Aromatic Plants*. 2021. P. 691–715.

125. Węglarz Z., Kosakowska O., Przybył J. L., Pióro-Jabrucka E., Bączek K. The quality of greek oregano (*O. vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart) and common oregano (*O. vulgare* L. subsp. *vulgare*) cultivated in the temperate climate of central Europe. *Foods*. 2020. 9. 1671.

126. Wolfender J. L., Martia G., Thomas A., Bertrand S. Current approaches and challenges for the metabolite profiling of complex natural extracts. *Journal of Chromatography A*. 2015. 1382. P. 136–164.

127. Zawislak G. Hyssop herb yield and quality depending on harvest term and plant spacing. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2011. 10(3). P. 331–342.

128. Zinicovscaia I., Gundorina S., Vergel K., Grozdov D., Ciocarlan A., Aricu A., Dragalin I., Ciocarlan N. Elemental analysis of Lamiaceae medicinal and aromatic plants growing in the Republic of Moldova using neutron activation analysis. *Phytochemistry Letters*. 2020. Vol. 35. P. 119-127.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Ґрунтово-кліматичні умови

Полеві дослідні проводили упродовж 2017–2022 рр. в умовах Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України.

Ґрунт дослідних ділянок представлений типовими для умов Південного Степу України – чорноземом південним, залишково – слабкосолонцюватим важко-суглинковим на лесах. Реакція ґрунтового розчину нейтральна (рН – 6,8). Вміст гумусу в шарі 0 – 30 см становить 3,1%. Запаси рухомих форм елементів живлення в орному шарі ґрунту складають: нітратів – 15, фосфору – 81, калію – 269 мг на 1 кг ґрунту (табл. 2.1).

*Таблиця 2.1*

**Аналіз ґрунту дослідної ділянки (шар ґрунту 0-30 см) [1]**

|  |  |      |
|--|--|------|
| Мул, %   |  | 33,6 |
| Пісок, %   |  | 11,3 |
| Фізична глина, %                                     |  | 55,1 |
| Вміст гумусу, %                                      |  | 2,1  |
| Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>                  |  | 1,35 |
| Азот нітратний N-NO <sub>3</sub> , мг на 1 кг ґрунту |  | 15   |
| Рухомий фосфор, мг на 1 кг ґрунту                    |  | 81   |
| Обмінний калій, мг на 1 кг ґрунту                    |  | 269  |
| pH <sub>сол</sub> (ДСТУ ISO 10390:2007)              |  | 6,8  |
| Сума ввібраних основ (Ca+Mg), мг-екв на 100 г        |  | 30,0 |
| Вологість в'янення, %                                |  | 11,7 |
| Найменша вологоємність, %                            |  | 24,8 |

Важливим показником якісної оцінки землі є бонітет ґрунтів, величина якого складає 58 балів.

На території господарства розвивався, в основному, дерновий процес ґрунтоутворення, особливістю якого є збагачення верхньої частини ґрунту специфічною органічною темнозабарвленою речовиною – гумусом, в результаті якого сформувались чорноземи. Накопичення гумусу відбувається за рахунок мінералізації залишків трав'янистої рослинності, багатой азотом і зольними речовинами.

Територія господарства знаходиться в третьому агрокліматичному районі і відноситься до підзони Південного Степу України. Клімат тут помірно – континентальний, теплий, посушливий, з нестійким сніговим покривом. Середньорічна температура повітря складає  $+18^{\circ}\text{C}$ , при цьому найбільш холодним місяцем є січень, а самим теплим – липень (середньомісячна температура складає  $+27,6^{\circ}\text{C}$ ). Останні весняні заморозки бувають з 27 квітня по 1 травня, а перші осінні – з 15 вересня по 1 листопада. Тривалість безморозного періоду складає 215 - 217 днів [1].

Для Південного Степу України характерні значна сухість повітря та наявність суховіїв. Вітри бувають всіх напрямків: у холодний період – дугою в північно – західному напрямку. Особливо небезпечні вони в середині червня. Інколи суховії супроводжуються сильними вітрами і переходять в «чорні бурі».

Весна характеризується інтенсивним підвищенням температури повітря, а тому буває короткою – близько 45 днів. Весняний період у середньому триває з 11 – 13 березня по 22 – 24 квітня.

Літо жарке і посушливе. За його початок прийнята дата стійкого переходу середньодобової температури повітря через  $+15^{\circ}\text{C}$  у бік підвищення (в середньому 7 – 13 травня), за кінець літнього періоду – у бік зниження (в середньому 15 – 22 вересня).

У літні місяці, порівняно з іншими, випадає найбільша кількість опадів. Цей період характеризується підвищеною грозовою активністю, яка

супроводжується зливами великої сили, що часто спостерігається в літні місяці після посушливого періоду.

Осінь буває короткою, теплою і часто посушливою. Ознакою початку осені є стійкий перехід середньодобової температури повітря і ґрунту через  $+10^{\circ}\text{C}$  в бік зниження, у більшості випадків цей період спостерігається 11 – 12 жовтня. За закінчення осені приймається стійкий перехід середньодобової температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$ , який відбувається в середньому в третій декаді листопада.

Опади у вересні і жовтні випадають у вигляді дощів, а в листопаді мають змішаний характер - дощ зі снігом, тощо.

Зима буває переважно короткою з частими відлигами і нестійким сніговим покривом.

Опади в зимові місяці випадають переважно у вигляді снігу, крупи, а під час відлиги і дощу. Сніговий покрив буває стійким лише в окремі роки.

Хуртовини на території області спостерігаються порівняно рідко. Промерзання ґрунту починається у перших числах грудня, а повне відтаювання - в кінці першої - на початку другої декади березня.

Сніговий покрив сходить з полів на початку третьої декади лютого, коли починається перехід температур до весняного періоду.

На продуктивність гісопу лікарського впливають умови зимового періоду. Зима на території Миколаївщини характеризується як помірно м'яка, тому підмерзає гісоп дуже рідко через вимокання або якщо висаджений на низьких ділянках, тому заболочені ділянки для його вирощування не придатні. Отже, причинами пошкодження гісопу лікарського взимку найчастіше бувають: вимерзання, випрівання, видування та льодяна кірка. Ступінь пошкодження рослин гісопу визначається інтенсивністю та тривалістю дії небезпечних зимових явищ, зимостійкістю і морозостійкістю сортів, стану та віку насаджень. Навіть у сприятливих умовах Миколаївщини, при дії екстремально низьких для цього регіону температур (мінус  $28\text{--}32^{\circ}\text{C}$ ), особливо в умовах північного агрокліматичного

району, у рослин спостерігається пошкодження тканин, відмирання пагонів, надто за відсутності снігового покриву. В останні роки в січні спостерігаються тривалі відлиги, коли температури повітря підвищуються до  $+ 8 \dots + 10^{\circ} \text{C}$ , що сприяє виходу бруньок рослин зі стану органічного спокою. Такі зміни в умовах перезимівлі гісопу призводять до негативних наслідків – зниженню морозостійкості рослин. Для збереження насаджень гісопу лікарського від негативного впливу зимових умов оптимальною є висота снігового покриву не менше 10 см. При такій висоті снігу глибина промерзання ґрунту становить менше 100 см і температура на поверхні ґрунту не знижується нижче критичної температури вимерзання (не нижче  $- 16^{\circ} \text{C}$  при морозах до  $-30^{\circ} \text{C}$ ). За наявності більшого снігового покриву насадження гісопу переносять більш низькі температури. У середньому багаторічному на досліджуваній території сніговий покрив нестійкий і встановлюється тільки в північних і центральних районах Миколаївщини. Дата стійкого залягання снігового покриву припадає на III декаду грудня. Поступово висота снігового покриву збільшується з 4 до 15 см в північних та з 4 до 9 см в південних районах у II та III декадах лютого. Руйнується сніговий покрив в основному в I декаді березня. В південному агрокліматичному районі Миколаївщини, як уже зазначалося вище, стійкий сніговий покрив встановлюється тільки в окремі роки. Аналіз матеріалів багаторічних спостережень за гісопом лікарським у Миколаївській області показав, що насадження, старші п'яти років при безсніжжі, а також при сніговому покриві до 10 см вимерзали частково або повністю вже при температурі повітря  $-21, -22^{\circ} \text{C}$ . Молоді кущі (1–4-річні) переносять зиму краще [1].

Осінньо-зимові періоди досліджуваних років були сприятливими для росту й перезимівлі гісопу лікарського. Обмерзання пагонів і бруньок, загибелі рослин не спостерігалась. Погодні умови у роки досліджень були різними. Так, 2018 р. можна віднести до посушливого, 2019 р. – до середньопосушливого, а 2020 р. – до сприятливого за вологозабезпеченістю

року. В усі роки дослідження починаючи з середини квітня, внаслідок низької відносної вологості повітря та суховійних явищ швидко висихали верхні шари ґрунту та ускладнювалися умови для росту гісопу лікарського. Незначні опади не пом'якшували дію засушливих явищ, тому з кінця квітня застосовували краплинне зрошення.

Основні кліматичні показники за досліджувані роки у порівнянні із середніми багаторічними наведено в таблиці 2.2.

Осінньо-зимовий період 2020-2021 рр. був сприятливим для росту й перезимівлі ефіроолійних культур. Обмерзання пагонів і бруньок, загибелі рослин не спостерігалась.

Весна 2021 року характеризується як піздня, холодна та затяжна. За першим визначенням вологозапасів в ґрунті, яке було проведено 9 березня 2021 року, запаси продуктивної вологи у насадженнях ефіроолійних культур як в орному, так і в метровому шарах ґрунту відповідали достатнім та оптимальним показникам для даного ранньовесняного періоду. А саме, в орному шарі вони становили 26-34 мм, а в метровому – 101-134 мм. Достатнє та оптимальне зволоження верхніх шарів ґрунту, опади та помірні температури створювали задовільні умови для відростання, приживлення та укорінення рослин. У квітні внаслідок низької відносної вологості повітря та суховійних явищ швидко висихали верхні шари ґрунту та ускладнювалися умови для росту ефіроолійних культур. Незначні опади не пом'якшували дію засушливих явищ, тому у квітні включали краплинне зрошення.

Таблиця 2.2

## Метеорологічні показники за 2018-2022 рр. у порівнянні із середніми багаторічними даними

| Рік                     | Місяць |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|-------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|                         | I      | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI  | XII  |
| Температура повітря, °С |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
| 2018                    | -0,2   | -0,6 | -1,1 | 15,8 | 21,7 | 24,3 | 25,3 | 25,3 | 18,3 | 12,9 | 1,3 | 0,0  |
| 2019                    | 1,3    | 1,4  | 7,6  | 11,9 | 17,8 | 23,9 | 23,4 | 25,0 | 19,4 | 11,8 | 7,3 | 4,2  |
| 2020                    | 1,5    | 2,9  | 7,7  | 10,2 | 14,4 | 22,0 | 24,4 | 23,8 | 20,4 | 15,1 | 4,8 | 3,1  |
| 2021                    | -1,7   | 2,9  | 3,8  | 8,5  | 15,5 | 20,2 | 24,8 | 23,1 | 15,4 | 15,1 | 4,8 | 3,1  |
| 2022                    | 1,0    | 4,4  | 4,4  | 9,4  | 16,3 | 22,3 | 24,5 | 25,1 | 19,4 | -    | -   | -    |
| Середньо багаторічні    | -3,1   | -1,8 | 2,6  | 10,2 | 16,5 | 20,4 | 22,3 | 21,8 | 16,9 | 10,3 | 4,4 | -0,9 |
| Опади, мм               |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
| 2018                    | 41     | 54   | 79   | 2    | 32   | 22   | 71   | 1    | 55   | 14   | 26  | 31   |
| 2019                    | 45     | 8    | 4    | 52   | 56   | 63   | 37   | 30   | 5    | 25   | 11  | 34   |
| 2020                    | 16     | 41   | 1    | 18   | 38   | 104  | 37   | 0    | 72   | 15   | 5   | 22   |
| 2021                    | 68     | 28   | 28   | 39   | 110  | 105  | 91   | 55   | 36   | 44   | 26  | 31   |
| 2022                    | 32     | 22   | 13   | 18   | 29   | 30   | 3    | 5    | 5    | -    | -   | -    |
| Середньо багаторічні    | 36     | 35   | 30   | 32   | 44   | 54   | 58   | 41   | 39   | 22   | 36  | 45   |

У середині місяця рослини вже остаточно відновили свою вегетацію і в них почалося відростання однорічних пагонів. Внаслідок випадання опадів різної інтенсивності у травні (загалом випало 110 мм) вологозабезпеченість ґрунту була доброю, такі умови сприяли подальшому росту й розвитку рослин. До середини червня, коли спостерігали початок цвітіння гісопу, випало 41 мм опадів у вигляді зливових дощів, ґрунт був насичений вологою, що позитивно впливало на розвиток рослин та формування майбутнього врожаю квіткової маси. До кінця червня, коли у насадженнях гісопу спостерігали масове цвітіння, випало ще 64 мм опадів. Таким чином, краплинне зрошення у червні не використовували.

У липні у деякі дні переважала спекотна погода (середня температура місяця склала +24,8 °С) і, незважаючи, на зливи (91 мм опадів), вологість повітря коливалася від 57 % до 67 %. Такі умови сприяли інтенсивному накопиченню ефірної олії в сировині. Наприкінці червня-на початку липня здійснили збирання квіткової маси гісопу лікарського.

За умови першого укосу гісопу лікарського наприкінці червня відбувалося відростання пагонів та їх цвітіння впродовж останньої декади серпня – початку вересня. При цьому урожайність фітомаси була вдвічі меншою порівняно з першим укосом.

Осінньо-зимовий період 2021-2022 рр. був сприятливим для росту й перезимівлі ефіроолійних культур. Обмерзання пагонів і бруньок, загибелі рослин не спостерігалась.

Погодні умови у 2022 році були типовими для Південного Степу України, проте в окремі місяці дещо відрізнялися від середніх багаторічних показників. Весна 2022 року характеризувалася як посушлива. За першим визначенням вологозапасів в ґрунті, яке було проведено 28 березня 2022 року, запаси продуктивної вологи як у орному, так і в метровому шарі ґрунту були задовільними. А саме, в орному шарі вони становили 28-39 мм, а в метровому – 84-115 мм залежно від поля. Однак у подальшому передумови для росту й розвитку рослин були не досить сприятливими (недостатнє зволоження, відсутність опадів та суховійні явища). У квітні зберігалася

переважно тепла погода, за винятком II декади, коли понижений температурний режим був характерним для кінця березня, але середня температура повітря була у межах норми. Опадів за квітень випало значно менше за норму. Внаслідок переважання у квітні сухої та часто вітряної погоди відбувалося пересихання верхніх шарів ґрунту, тому у квітні включали краплинне зрошення. У середині місяця рослини вже остаточно відновили свою вегетацію і в них почалося відростання однорічних пагонів.

Внаслідок дефіциту опадів з середини квітня та до середини травня (загалом випало 29 мм або 66 % норми) встановилася повітряна посуха, такі умови не сприяли подальшому росту й розвитку рослин. Однак до середини червня, коли спостерігали початок цвітіння гісопу, випало 44 мм опадів у вигляді зливових дощів, ґрунт був насичений вологою, що позитивно впливало на розвиток рослин та формування майбутнього врожаю квіткової маси. До кінця червня, коли у насадженнях гісопу спостерігали масове цвітіння, випало ще 15 мм опадів. Таким чином, краплинне зрошення у червні не використовували.

В липні у деякі дні переважала спекотна погода (середня температура місяця склала +24,5 °С), вологість повітря була у межах 56 %, ефективних опадів не спостерігалось. Такі умови сприяли інтенсивному накопиченню ефірної олії в сировині. Наприкінці червня - на початку липня здійснили збирання квіткової маси гісопу лікарського.

## **2.2 Програма і методика проведення досліджень**

Експериментальні дослідження проводили упродовж 2017–2022 рр. в умовах Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної аграрної академії України.

Було проведено два польові досліді.

**Дослід 1 «Вплив мінеральних добрив та зрошення на продуктивність *Hyssopus officinalis* L.» (2017–2020 рр.).** Площа посівної ділянки – 162 м<sup>2</sup>, облікової – 5 м<sup>2</sup>. Повторність триразова.

Схема дослідю включала наступні варіанти:

Фактор А – доза мінеральних добрив:

1. Без добрив (контроль);
2. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> врозкид;
3. N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врозкид + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом.

Фактор В – рівні зволоження:

1. 80-70-70% НВ;
2. 90-80-70% НВ.

**Дослід 2 «Вплив оптимізації живлення на продуктивність *Hyssopus officinalis* L.» (2019 – 2022 рр.).** Площа посівної ділянки – 162 м<sup>2</sup>, облікової – 5 м<sup>2</sup>. Повторність триразова.

Схема дослідю включала наступні варіанти:

Фактор А – доза мінеральних добрив:

1. Контроль (без добрив);
2. N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>;
3. N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>.

Фактор В – позакореневе підживлення:

1. Контроль (обробка водою);
2. Квантум-технічні;
3. Хелафіт комбі;
4. Квантум-технічні (двічі);
5. Хелафіт комбі (двічі).

Позакореневе підживлення проводили у фазі гілкування та додатково у фазі бутонізації у варіантах з обробкою препаратами двічі. Норма витрат препаратів складала 2,0 л/га щоразу. Норма робочого розчину складала 200 л/га.

Поливна норма у перший рік використання насаджень була на рівні 150 м<sup>3</sup>/га, на другий рік – 100 м<sup>3</sup>/га, а на третій рік використання насаджень гісопу лікарського вона була найбільшою – 300 м<sup>3</sup>/га.

Проведення дослідів супроводжувалось відповідними вимірюваннями, спостереженнями, обліками та аналізами за загальноприйнятими методиками [4, 6, 8, 9, 10, 15].

Під час обліку укорінення живців фіксували дати їх посадки, початку – 10% та повного вкорінення – 75%. Перед висаджуванням живців на постійне місце враховували якість укоріненої системи (багато коренів, середня кількість, мало коренів і зовсім без коренів). Повним укоріненням живців і розсади вважали початок росту верхівкових пагонів у 75% рослин.

За початок вегетації рослин гісопу лікарського приймали вкорінення 75% розсади, а за кінець – усихання в 75% рослин вегетативної маси. Фенологічні спостереження за основними фазами росту й розвитку рослин гісопу лікарського проводили впродовж усього періоду вегетації, починаючи з ранньої весни (за тиждень до настання вегетації), і припиняли по завершенню вегетації. Визначали початок весняного відростання (поява пагонів у 10% облікових рослин), повне весняне відростання, бутонізацію, появу квітконосів, початок цвітіння (розкрилося 10% квіток), повне цвітіння (розкрилося 75% квіток), кінець цвітіння (відцвіло 90% квіток), завершення вегетації (усихання пагонів у 75% рослин або настання стійких морозів, які припинили вегетацію).

Визначали нагромадження надземної маси, висоту рослин гісопу лікарського, діаметр куща, кількість і довжину пагонів першого та другого порядку у фазу весняного відростання, масового цвітіння у рослин першого, другого, третього року використання [5, 10, 13].

Вміст сухої речовини у відповідні фази росту визначали ваговим методом, згідно ДСТУ ISO 6496-2005 [2, 12]

Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом до глибини 1 м, через кожні 10 см. Сумарне водоспоживання гісопу лікарського визначали за методом водного балансу за формулою (2.1).

$$E = O + (W_h - W_k) \quad (2.1)$$

де  $E$  – сумарне водоспоживання за розрахунковий період, м<sup>3</sup>/га;

$O$  – атмосферні опади за період, м<sup>3</sup>/га ;

$W_h$  – запас вологи в шарі ґрунту на початку вегетаційного (розрахункового) періоду, м<sup>3</sup>/га;

$W_k$  – запас вологи в шарі ґрунту наприкінці вегетаційного (розрахункового) періоду, м<sup>3</sup>/га.

Коефіцієнт водоспоживання гісопу лікарського розраховували за формулою (2.2).

$$K_v = E / Y \quad (2.2)$$

де  $K_v$  – коефіцієнт водоспоживання, м<sup>3</sup>/т;

$E$  – сумарне водоспоживання за період вегетації, м<sup>3</sup>/га;

$Y$  – урожайність культури, т/га.

Дослідження агрохімічних показників ґрунту проводили за загальноприйнятими методиками та ДСТУ, зокрема ДСТУ ISO10390:1994, IDT Якість ґрунту; ДСТУ 7863:2015 Якість ґрунту. Визначення Корнфілда; ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Метод визначення; ДСТУ ISO/TS 14256-1:2003 Якість ґрунту в ґрунтах польової вологості екстрагуванням. Ручний метод; ДСТУ 4229-1:2007 Якість ґрунту. Визначення модифікації ННЦ ІГА ім. О. М. Соколовського; ДСТУ 4725-2007 Якість ґрунту. Визначення хлору потенціометричним методом; ДСТУ 4115-2002 Ґрунти. Визначення модифікованим методом Чирикова.

Облік урожаю гісопу лікарського проводили вручну на кожній ділянці у першій декаді липня у фазу «масове цвітіння-кінець цвітіння», коли 70% квіток у суцвітті вже відцвіли, 15% квітували й 15% знаходилися у стадії бутонів, віночки у квіток, що відцвіли, зів'яли, але ще не обсипалися. Саме у цей час синтезується максимальна кількість ліналілацетату та мінімальна кількість камфори й 1,8 цинеолу.

Вміст ефірної олії визначали методом перегонки з водяною парою. Ефірна олія не розчинна у воді, легка, відігнана з водяною парою, а потім відокремлена від відгону після відстоювання. Для проведення аналізів

збирають устаткування, яке складається з колбо нагрівача, пароутворювача, запарника, холодильника і приймача для збирання відгону. Останній складається з градуйованої бюретки (в ній відстоюється ефірна олія), що встановлена в циліндр із сифонним зливом, в якому збирається вода. Пробу 100...1000 г рослин грубо подрібнюють, переносять в запарник та подають пару, яка захоплює ефірну олію. В холодильнику суміш конденсується і надходить у збірник. Ефірна олія, як речовина легка, збирається в бюретці, вода в циліндрі, з якого видається через сифон. Перегонку ведуть до накопичення приблизно 5 л відгону, а об'єм олії в бюретці не збільшується [7, 11].

Дисперсійний, кореляційний і регресійний аналіз одержаних у досліджах даних проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel, Agrostat New, методиками В. О. Ушкаренко та ін. [14, 15, 16].

Економічну ефективність запропонованих агрозаходів розраховували за загальноприйнятими методиками [3] за цінами, які склалися станом на січень 2025 р.

### **2.3 Характеристика досліджуваного сорту гісопу лікарського та препаратів**

У дослідженнях використовували сорт гісопу лікарського Маркіз (*Hyssopus officinalis* L. cv. Markiz), що має синьо-фіолетове забарвлення віночка. Середньостиглий, кущ напівзімкнутий, листки довгасто-ланцетні, гладенькі, квітка колосовидна, горішок голий, темно-бурий.

Сорт внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2003 р. Оригігатор Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка Національної академії наук України

Для позакореневого підживлення рослин гісопу лікарського використовували:

Квантум-технічні - висококонцентроване комплексне хелатне добриво для позакореневого підживлення технічних культур (соняшник, ріпак, цукровий буряк, соя та ін.), А також для обробки насіння. У своєму складі має підвищений вміст міді, цинку і марганцю. Хімічний склад: N - 6% (57 г/л); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 5% (52 г/л); K<sub>2</sub>O - 8% (77 г/л); SO<sub>3</sub> - 3% (30 г/л); B - 0,6% (6 г/л); Zn - 1,2% (12 г/л); Cu - 1,1% (11 г/л); Mn - 1,1% (11,3 г/л); Mo - 0,03% (0,3 г/л); Ni - 0,01% (0,1 г/л); Co - 0,003% (0,03 г/л). Додатково містить комплекс біологічно активних речовин. рН - 7,5-8,5. Щільність - 1,20 - 1,25 кг/л.

Використовується в системах позакореневого підживлення для: корекції тимчасового дефіциту елементів живлення (макро- та мікроелементів, біологічно активних сполук), що виникає під впливом погодно-кліматичних, ґрунтових чи хімічних чинників; оптимізації системи удобрення в умовах недостатнього забезпечення ґрунту мікроелементами, а також у випадках застосування інтенсивних технологій вирощування; стимулювання біологічної активності рослин у критичні періоди органогенезу та в ключові фази росту й розвитку, що сприяє формуванню максимально можливої продуктивності за конкретних умов вирощування; зниження негативних наслідків стресових факторів, які спричиняють уповільнення ростових процесів і зниження врожайності.

Хелафіт комбі - регулятор росту рослин. Склад препарату: мікроелементи - менше 20 г/л, іони біогенних металів (Zn<sup>++</sup>, Cu<sup>++</sup>, Mn<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) - менше 1 г/л, комплекс вільних амінокислот - менше 20 г/л, гумати - менше 40 г/л, жирні кислоти - менше 20 г/л, ефіри жирних кислот - менше 1 г/л, полісахариди - менше 5 г/л, стероїдні глюкозиди - менше 0,1 г/л, вітаміни (B1, B2, E, D, H, PP) - менше 0,1 г/л, фітогормони: 3-індолілукусна кислота - менше 0,05 г/л, епібрасинолід - менше 0,05 г/л, зеатін, альгінова кислота, гідроксикоричнева кислота.

Препарат сумісний з більшістю пестицидів. Включення його до складу бакових сумішей з пестицидами дозволяє зменшити їх норму на 15-20%, а в окремих випадках, (при обробці авіатором і іншими високоефективними

фунгіцидами), до 50%, а головне знизити їх фітотоксичної дію на посіви, стимулюючи їх імунітет і продукційні процеси.

Використання Хелафіт комбі у позакореневого підживлення оптимізує кореневе живлення і розвиток культури в критичні періоди вегетації.

## **2.4 Агротехніка в польових дослідах**

Агротехніка у досліді була загальноновизнаною для умов Південного Степу України.

Підготовку дослідних ділянок розпочинали після збирання попередника – пшениці озимої. Ґрунт обробляли бороною дисковою глибокого рихлення у два сліди на глибину 10-12 см в агрегаті з трактором John Deere 8295R з наступним основним внесенням мінеральних добрив відповідно до схеми досліді під зяблеву оранку на глибину 30-32 см. Навесні поверхню ґрунту вирівнювали гідравлічною бороною-мотикою ротаційною. Бур'яни, які відростали, знищували культиватором.

Перед висадкою саджанців поверхню ґрунту вирівнювали культиватором. Перед посадкою по всій ділянці було встановлено краплинне зрошення, для більш ефективного та якісного забезпечення кореневої системи рослин вологою. Контроль за передполивною вологістю ґрунту виконували за допомогою тензіометрів, поливи припиняли за 14 днів до збирання врожаю квіткової маси. Висадку розсади у досліді здійснювали в другій декаді жовтня 2017 та 2019 року вручну на заздалегідь розміченій ділянці у лунки глибиною і діаметром 25–30 см. Площа живлення рослин складала 1x0,6 м. Коренева шийка при висадці заглиблювалась на 4–5 см нижче рівня ґрунту.

Догляд за насадженнями включав в себе розпушування міжрядь на глибину 5–6 см, другий міжрядний обробіток проводили на глибину 8–10 см, упродовж вегетації культури бур'яни контролювали за допомогою ручного прополювання й міжрядних культивацій.

Скошували наземну масу гісопу лікарського проводили у фазі масового цвітіння і висушували під укриттям.

### **Висновки до розділу 2:**

1. Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної аграрної академії України знаходиться в зоні Південного Степу України – зоні ризикованого землеробства. Основним лімітуючим фактором одержання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур є вологозабезпеченість.

2. Ґрунти дослідного поля чорноземи південні залишково – слабкосолонцюватими важко-суглинковими на лесах придатні для формування високої продуктивності гісопу лікарського.

3. Аналіз метеорологічних даних за 2018–2022 роки свідчить про значні коливання середньодобових температур та кількості опадів на території розташування господарства. Спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури повітря, особливо в літні місяці, що може вплинути на вологозабезпеченість ґрунтів та потребує коригування агротехнічних заходів.

3. Агротехніка вирощування гісопу лікарського у досліді була загальноприйнятною для умов Південного Степу України, за виключенням елементів технології, взятих на вивчення.

### **Список використаних джерел до розділу 2:**

1. Добровольський П. А., Андрійченко Л. В., Коваленко О. А., Качанова Т. В. Формування фітоценозів гісопу лікарського на техногенно трансформованих землях Миколаївщини. The current state of fundamental and applied natural sciences research : collective monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. P. 160 – 177.

2. ДСТУ ISO 6496:2005. Визначення вмісту вологи та інших летких речовин (ISO 6496:1999, IDT). Чинний від 2006-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2006.

3. 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.

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

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

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

7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технологія натуральних ефірних олій і синтетичних запашних сполук» для студентів V курсу за напрямом підготовки 6.051701 – «Харчові технології та інженерія» за професійним спрямуванням на спеціальність 7,8.05170102 «Технологія жирів і жирозамінників» / Укл.: М. В. Бугрим, Т. Г. Філінська, Л. Л. Руднева. Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2016. 68 с.

8. Методичні рекомендації з планування та оперативного управління режимами зрошення в умовах півдня України / Р. А. Вожегова та ін. Херсон : Грінь Д.С., 2016. 64 с.

9. Методичні рекомендації з проведення досліджень за краплинного зрошення / за ред. М. І. Ромащенко, А. П. Шатковського. Київ : ІВПіМ НААН, 2014. 46 с.

10. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні (ПСП). 2-ге вид., випр. і доп. / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 130 с.

11. Методи фармакогностичного аналізу. Первинні метаболіти. Терпеноїди. Тритерпеноїди. Кардіостероїди. Модуль 1: навчально-методичний посібник для підготовки до підсумкового модулю 1 з фармакогнозії з основами фітокосметики для студентів 3 курсу фармацевтичного факультету спеціальності 7.12020104 «Технології парфумерно-косметичних засобів» / уклад. С. Д. Тржецинський [та ін.]. - Запоріжжя : [ЗДМУ], 2014. 228 с.

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

13. Порада О. А. Методика формування та ведення колекцій лікарських рослин. Березоточа : Вид-во ПП ПДАА, 2007. 50 с.

14. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві : монографія. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.

15. Ушкаренко В. О., Коковіхін С. В., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. Методика польового дослідів (зрошуване землеробство) : навчальний посібник. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 448 с.

16. Ушкаренко В. О., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.

### РОЗДІЛ 3

## ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ТА ЗРОШЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ *HYSSOPUS OFFICINALIS* L.

### 3.1 Вплив мінеральних добрив та зрошення на наростання надземної маси рослин гісопу лікарського

Гісоп (*Hyssopus officinalis* L.), представник родини ясноткових (*Lamiaceae*), походить з Південної Європи, Близького Сходу та регіону, що охоплює Каспійське море. Його широко культивують у кількох європейських країнах, включаючи Італію, Іспанію, Росію та Францію [17]. Попри характерний, інтенсивний аромат і пряний смак, гісоп лікарський широко використовується в кулінарії як природний смаковий підсилювач — його додають до соусів, м'ясних страв, салатів та консервацій [27]. Водночас ця багаторічна ефіроолійна культура має широкий спектр застосування в народній і сучасній фармакоterapiї. Біологічно активні речовини, що містяться в гісопі, зумовлюють його виражену відхаркувальну, сечогінну, спазмолітичну та протизапальну дію. Рослина застосовується як допоміжний засіб при лікуванні захворювань дихальної системи (бронхіт, бронхіальна астма), вірусних інфекцій (зокрема простого герпесу), а також демонструє перспективність у підтримувальній терапії при вірусі імунодефіциту людини (ВІЛ). Крім того, гісоп містить сполуки з антиоксидантними, протівірусними та імуномодулювальними властивостями, що розширює його потенціал як лікарської сировини у фітотерапії та фармацевтичній промисловості [25]. В Ірані ісоп є однією з найважливіших лікарських рослин, його надземні частини використовуються для лікування астми, виразок, ран, бронхіту та кашлю, а також він має антисептичні, вторгрювальні та антимікробні властивості [6].

У сучасних умовах зростаючого глобального попиту на фітотерапевтичну продукцію виробники лікарських рослин дедалі більше покладаються на систему мінерального та органічного удобрення як

ключовий фактор інтенсифікації виробництва. Забезпечення оптимального рівня мінерального живлення є необхідною передумовою для підвищення врожайності, покращення якісного складу біомаси та задоволення зростаючих потреб світового населення в натуральній лікарській сировині. Збалансоване внесення добрив сприяє не лише активному росту та розвитку лікарських культур, але й впливає на вміст біологічно активних речовин, які визначають фармакологічну цінність рослинної продукції. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці ефективних агрохімічних стратегій, орієнтованих на збереження родючості ґрунтів, екологічну безпеку та високу якість готової продукції [11].

Вченими було проведено широкі дослідження щодо вивчення найрізноманітніших аспектів впливу удобрення на врожайність та якісні характеристики багатьох лікарських рослин, в тому числі і гісопу лікарського [1, 2, 13].

Зрошення відіграє не менш важливу роль у підвищенні продуктивності гісопу лікарського, ніж мінеральне живлення. Умови водозабезпечення є критичним екологічним фактором, що безпосередньо впливає на ріст, розвиток, біомасу та вміст ефірної олії в цій культурі. Особливо це актуально в умовах кліматичних змін, коли зростає частота посух та гідротермічних стресів.

Результати досліджень свідчать, що за умов контрольованого зволоження спостерігається суттєве зростання врожайності гісопу, підвищується концентрація ефірної олії та вторинних метаболітів, що визначають фармакологічну цінність сировини. Таким чином, впровадження ефективних систем зрошення є важливою складовою технологій вирощування гісопу лікарського, орієнтованих на отримання високоякісної продукції [20].

Дослідження показали, що висота рослин гісопу лікарського значною мірою залежить як від рівня мінерального живлення і умов зволоження, так і від року використання насаджень. Нашими дослідженнями встановлено, що максимальної висоти рослини гісопу лікарського досягали на третій рік

використання насаджень – 37,4 – 83,9 см залежно від варіанту досліду, в той час як найменшою вона була в перший рік вегетації – 24,9 – 55,9 см. загальний вигляд рослин гісопу лікарського наведено на рисунках 3.1 та 3.2.



*Рис. 3.1. Рослини гісопу лікарського першого року життя*



*Рис. 3.2. Рослини гісопу лікарського третього року життя*

За вирощування гісопу лікарського при дотриманні режиму зрошення 80-70-70% НВ висота рослин на початку фази цвітіння за використання насаджень першого року використання, у середньому за роки досліджень, склала 24,9 – 46,2 см залежно від варіанту удобрення, а при дотриманні режиму 90-80-70% НВ – 30,5 – 55,9 см, що на 3,7 – 9,7 см або на 10,6 – 17,4% більше (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Вплив мінеральних добрив та зрошення на висоту рослин гісопу лікарського першого року використання на початку фази цвітіння, см**

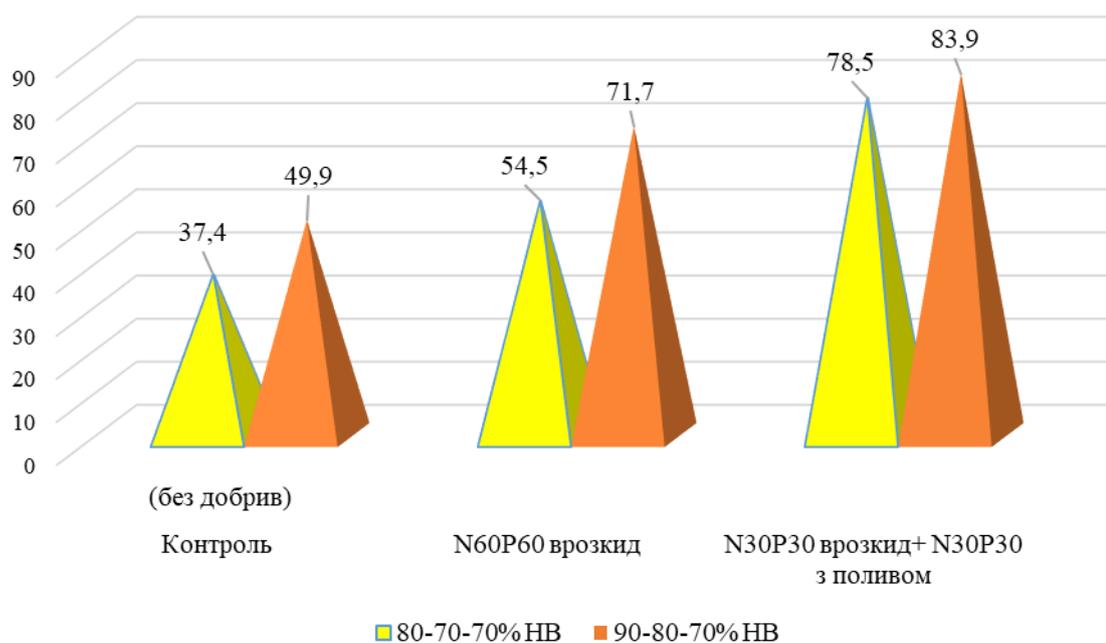
| Рівень зволоження   | Удобрення                |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
|   | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| 2018 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 28,4                     | 33,2                                    | 49,9  |
| 90-80-70% НВ  | 29,4                     | 36,8                                    | 57,5  |
| 2019 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 25,8                     | 32,1                                    | 46,5  |
| 90-80-70% НВ  | 30,6                     | 35,2                                    | 55,9  |
| 2020 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 20,5                     | 27,7                                    | 42,2  |
| 90-80-70% НВ  | 29,4                     | 32,1                                    | 54,3  |
| середнє за 2018 – 2020 рр.  |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 24,9                     | 31,0                                    | 46,2  |
| 90-80-70% НВ  | 30,5                     | 34,7                                    | 55,9  |
| НІР <sub>05</sub> фактор А: 0,213 – 0,345; фактор В: 0,290 – 0,428; взаємодія АВ: 0,218 – 0,415 |                          |   |   |

Порівняльний аналіз різних рівнів зволоження показав, що підтримання вологості ґрунту на рівні 80-70-70 % НВ у насадженнях другого та третього року використання виявилось менш ефективним порівняно з режимом 90-80-70% НВ (табл. 3.2, рис. 3.3).

Таблиця 3.2

**Висота рослин гісопу лікарського другого року використання на  
початку фази цвітіння, см**

| Рівень зволоження   | Удобрення                |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
|   | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| 2019 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 32,9                     | 55,3                                    | 56,8  |
| 90-80-70% НВ  | 49,6                     | 67,5                                    | 70,9  |
| 2020 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 28,5                     | 51,5                                    | 53,2  |
| 90-80-70% НВ  | 44,6                     | 61,1                                    | 66,5  |
| середнє за 2019 – 2020 рр.  |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 30,7                     | 53,4                                    | 55,0  |
| 90-80-70% НВ  | 47,1                     | 64,3                                    | 68,7  |
| НІР <sub>05</sub> фактор А: 0,418 – 0,510; фактор В: 0,287 – 0,315; взаємодія АВ: 0,380 – 0,451 |                          |   |   |

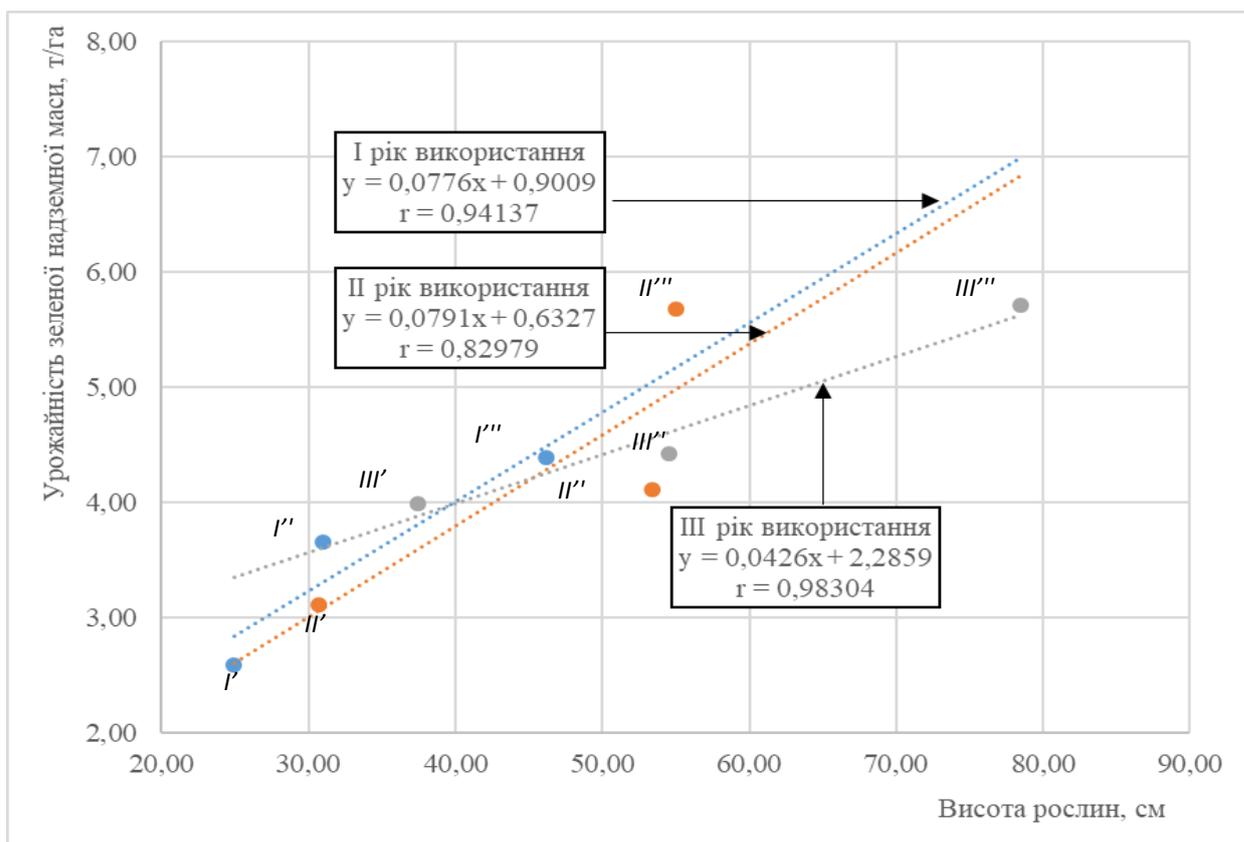


**Рис. 3.3. Вплив мінеральних добрив та зрошення на висоту рослин  
гісопу лікарського третього року використання (2020 р.)  
на початку фази цвітіння, см**

За умов підтримання вологості ґрунту на рівні 80–70–70% НВ висота рослин гісопу лікарського у насадженнях другого року використання становила 30,7 – 55,0 см, а у насаджень третього року використання – 37,4 – 78,5 см. Ці показники були нижчими порівняно з варіантом зволоження 90–80–70% НВ відповідно на 10,9 – 16,4 та 5,4 – 17,2 см або на 17,0 – 34,8 та 6,4 – 24,0% залежно від варіанту удобрення.

Застосування мінеральних добрив на фоні зрошення сприяло збільшенню лінійних розмірів рослин гісопу лікарського. У середньому за роки досліджень та по всіх варіантах зволоження, внесення  $N_{60}P_{60}$  врозкид забезпечувало збільшення висоти відносно контрольного варіанта на 5,3 – 20,0 см або на 15,7 – 33,9 % залежно від року використання насаджень. Поєднання внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом забезпечувало ще більш істотний приріст – на 23,0 – 37,6 см або на 37,1 – 46,2% залежно від року використання насаджень.

Кореляційно-регресійний аналіз результатів досліджень свідчить, що між висотою рослин гісопу лікарського та урожайністю зеленої надземної маси на фоні різних рівнів зволоження та удобрення упродовж трьох років використання існує сильний кореляційний зв'язок (рис. 3.4, 3.5).



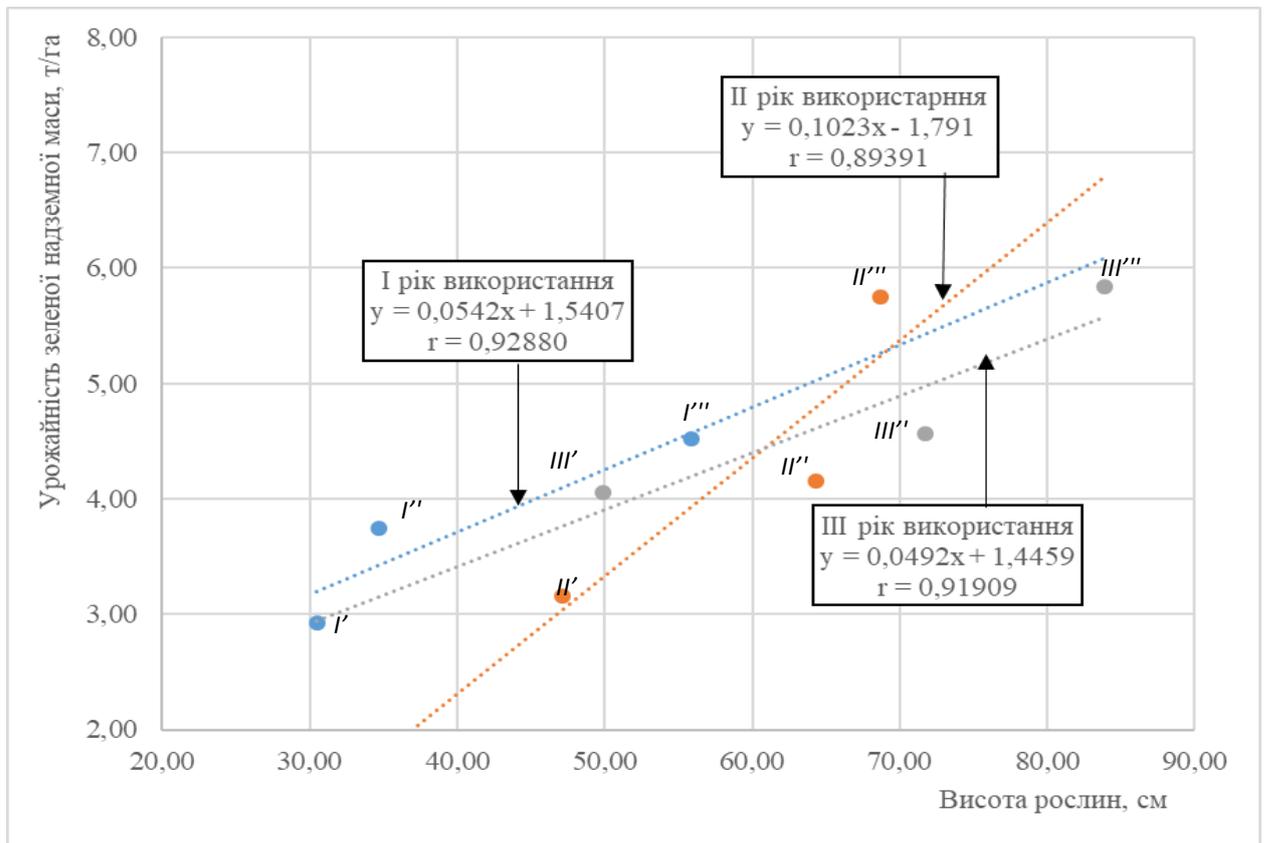
**Рис. 3.4. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського на фоні рівня зволоження 80-70-70% НВ (2018 – 2020 рр.)**

$r$  – коефіцієнт кореляції

$I'$ ,  $II'$ ,  $III'$  – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано без застосування добрив;

$I''$ ,  $II''$ ,  $III''$  – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид;

$I'''$ ,  $II'''$ ,  $III'''$  – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом.



**Рис. 3.5. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського на фоні рівня зволоження 90-80-70 %НВ (2018 – 2020 рр.)**

$r$  – коефіцієнт кореляції

$I', II', III'$  – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано без застосування добрив;

$I'', II'', III''$  – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид;

$I''', II''', III'''$  – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{30}P_{30}$  врозкид+  $N_{30}P_{30}$  з поливом.

Коефіцієнти кореляції ( $r$ ) між висотою рослин гісопу лікарського та урожайністю зеленої надземної маси протягом трьох років використання змінюються на фоні різних рівнів зволоження. Найбільше значення коефіцієнту кореляції (0,98304) виявлено у рослин III року використання за рівня зволоження 80-70-70% НВ, що свідчить про більшу чутливість при формуванні висоти рослин гісопу лікарського до рівня зволоження на

третьому році використання. За рівня зволоження 90-80-70% НВ найбільше значення коефіцієнту кореляції встановлено на першому році використання насаджень гісопу лікарського. Аналіз кореляційно-регресійних моделей залежності урожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського свідчить, що на фоні різних рівнів зволоження та удобрення зі збільшенням висоти рослин збільшується урожайність надземної зеленої маси.

Рівняння залежності урожайності зеленої надземної маси від висоти рослин гісопу лікарського носить лінійний характер і в загальному вигляді описується формулою:

$$y = a \cdot x + b$$

де  $y$  – урожайність зеленої надземної маси рослин гісопу лікарського, т/га

$x$  – висота рослин гісопу лікарського, см

$a, b$  – коефіцієнти, що залежать від норми та способу внесення добрив.

З наведених даних рисунків 3.4, 3.5 також можна зробити висновок, що рослини гісопу лікарського добре реагують не тільки на рівень зволоження, а й на удобрення. Так, рослини мали найбільшу висоту і відповідно найбільшу урожайність зеленої надземної маси за удобрення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом на фоні зволоження 90-80-70% НВ.

Нашими дослідженнями встановлено, що в середньому за роки досліджень і по варіантам досліду, кількість пагонів рослин гісопу лікарського першого року використання на початку фази цвітіння склала 47,3 шт./1рослину (табл. 3.3).

Починаючи з другого року життя гісопу лікарського кількість вегетативно-генеративних пагонів на рослині зростала. Так, на другий рік використання їх кількість, у середньому за варіантами досліду, становила 64,3 шт./1рослину, а на третій рік використання насаджень – 77,7 шт./1рослину, що перевищило показники насаджень першого року використання на 17,0 – 30,4 шт./1рослину або на 26,4 – 39,1%.

Таблиця 3.3

**Кількість пагонів рослин гісопу лікарського залежно від мінеральних добрив та зрошення на початку фази цвітіння, шт./1рослину**

| Рівень зволоження                                    | Удобрення                |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
|  | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| перший рік використання (середнє за 2018 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 30                       | 51                                      | 56  |
| 90-80-70% НВ   | 32                       | 56                                      | 59  |
| другий рік використання (середнє за 2019 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 45                       | 64                                      | 72  |
| 90-80-70% НВ   | 55                       | 71                                      | 79  |
| третій рік використання (2020 р.)                    |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 66                       | 75                                      | 82  |
| 90-80-70% НВ   | 69                       | 84                                      | 90  |

Нашими дослідженнями також встановлено, що застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врозкид + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом сприяло формуванню більшої кількості пагонів рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння – 59 – 90 шт./1рослину залежно від року використання.

У середньому за роки досліджень, діаметр куща гісопу лікарського вищим визначено на варіанті за рівня зволоження 90-80-70% НВ, що у середньому за варіантами удобрення, перевищило показники варіанту зволоження 80-70-70% НВ на 5,3 см або на 16,9% за використання насаджень першого року використання, відповідно на 6,6 см або на 12,4% та на 5,7 см або на 6,7% за використання насаджень другого і третього року використання (табл. 3.4, 3.5, рис. 3.6).

Таблиця 3.4

**Вплив мінеральних добрив та зрошення на діаметр куща гісопу  
лікарського першого року використання на початку фази цвітіння, см**

| Рівень зволоження   | Удобрення                |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
|   | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| 2018 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 20                       | 34                                      | 40  |
| 90-80-70% НВ  | 25                       | 39                                      | 46  |
| 2019 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 18                       | 25                                      | 32  |
| 90-80-70% НВ  | 24                       | 32                                      | 36  |
| 2020 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 16                       | 22                                      | 27  |
| 90-80-70% НВ  | 20                       | 28                                      | 32  |
| середнє за 2018 – 2020 рр.  |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 18                       | 27                                      | 33  |
| 90-80-70% НВ  | 23                       | 33                                      | 38  |
| НІР <sub>05</sub> фактор А: 0,859 – 0,940; фактор В: 0,693 – 0,721; взаємодія АВ: 0,874 – 0,921 |                          |   |   |

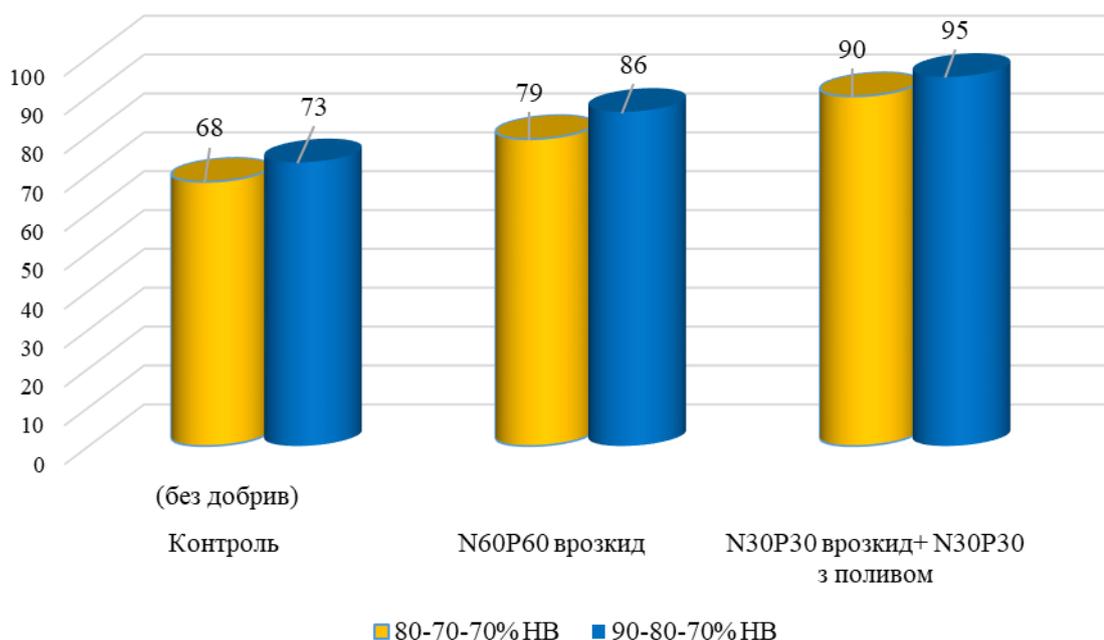
Таблиця 3.5

**Діаметр куща гісопу лікарського другого року використання  
на початку фази цвітіння, см**

| Рівень зволоження | Удобрення                |   |   |
|-------------------|--------------------------|---|---|
|                   | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| 2019 р.           |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ      | 38                       | 49                                      | 63  |
| 90-80-70% НВ      | 43                       | 58                                      | 68  |

## Продовження таблиці 3.5

| 1   | 2  | 3  | 4  |
|---|----|----|----|
| 2020 р.   |    |    |    |
| 80-70-70% НВ  | 32 | 43 | 55 |
| 90-80-70% НВ  | 39 | 50 | 62 |
| середнє за 2019 – 2020 рр.  |    |    |    |
| 80-70-70% НВ  | 35 | 46 | 59 |
| 90-80-70% НВ  | 41 | 54 | 65 |
| НІР <sub>05</sub> фактор А: 0,763 – 0,851; фактор В: 0,952 – 1,338; взаємодія АВ: 0,785 – 0,936 |    |    |    |

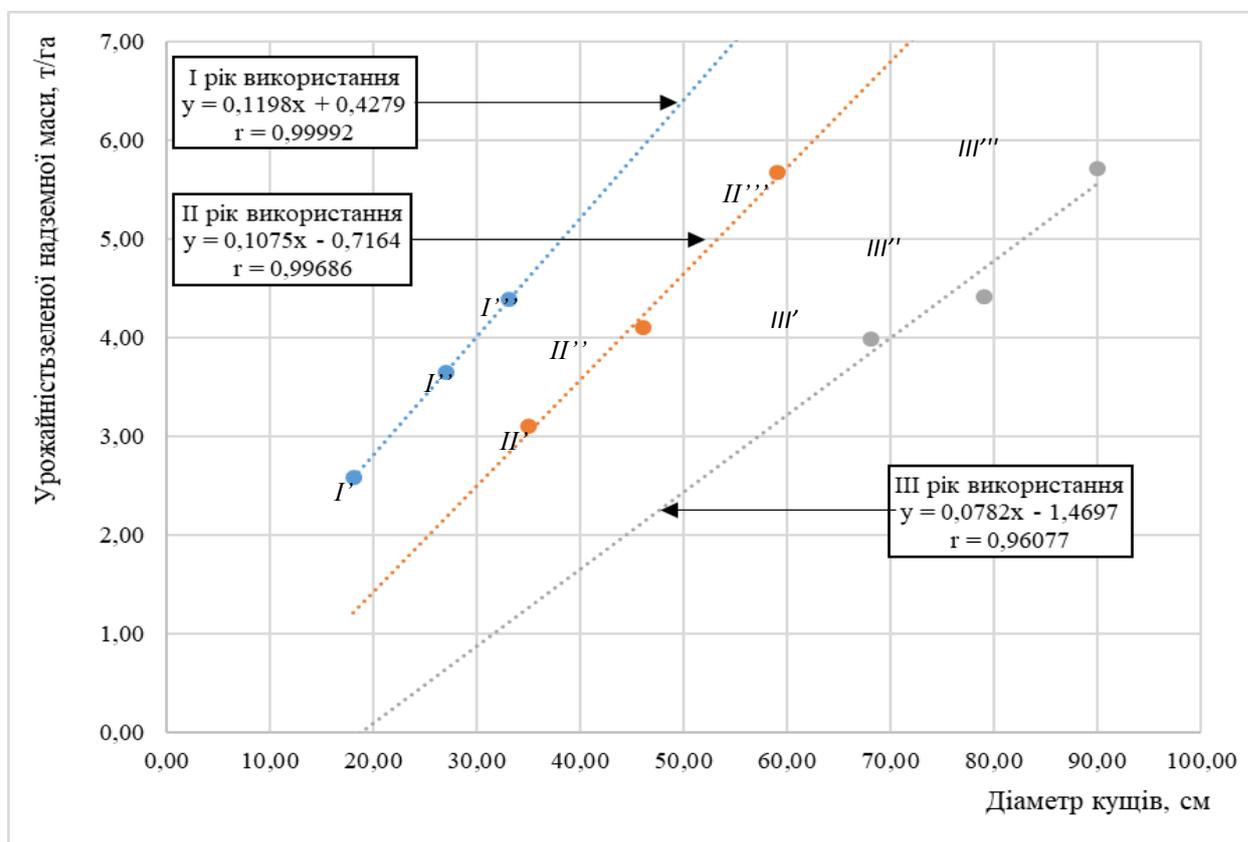


**Рис. 3.6. Вплив мінеральних добрив та зрошення на діаметр куща гісопу лікарського третього року використання (2020 р.) на початку фази цвітіння, см**

Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення збільшувало діаметр куща гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> врозкид діаметр куща порівняно до контрольного варіанту дослідження підвищилася на 9,5 – 12,0 см або на 14,5 – 31,7% залежно від року

використання насаджень, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – на 15,0 – 24,0 см або на 23,8 – 42,3% залежно від року використання насаджень.

Результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що між діаметром кущів гісопу лікарського та урожайністю зеленої надземної маси на фоні різних рівнів зволоження та удобрення упродовж трьох років використання простежується сильний кореляційний зв'язок (рис. 3.7, 3.8).



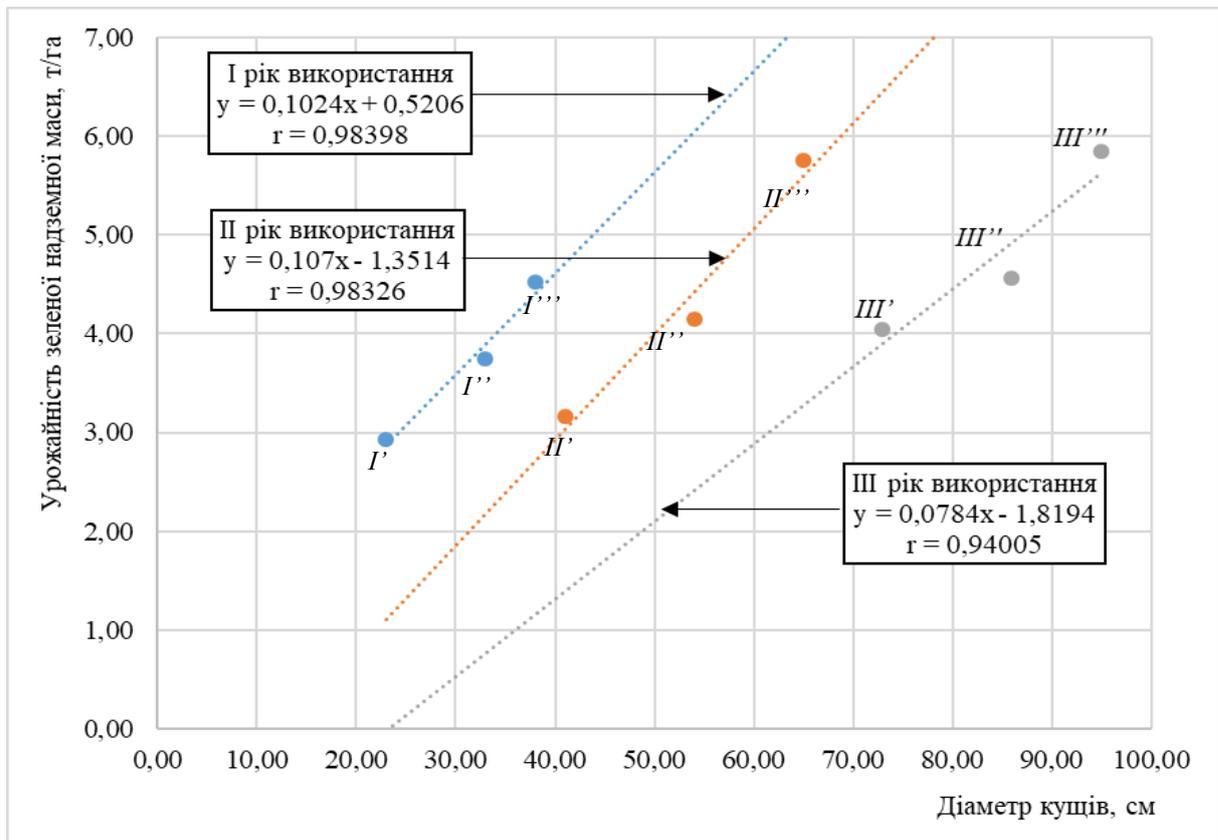
**Рис. 3.7. Кореляційно-регресійна модель залежності врожайності надземної зеленої маси від діаметру кущів гісопу лікарського на фоні рівня зволоження 80-70-70% НВ (2018 – 2020 рр.)**

r – коефіцієнт кореляції

I', II', III' – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано без застосування добрив;

I'', II'', III'' – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид;

I''', II''', III''' – значення урожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом.



**Рис. 3.8. Кореляційно-регресійна модель залежності врожайності надземної зеленої маси від діаметру кущів гісопу лікарського на фоні рівня зволоження 90-80-70 %НВ (2018 – 2020 рр.)**

$r$  – коефіцієнт кореляції

$I'$ ,  $II'$ ,  $III'$  – значення врожайності рослин I, II та III років використання, які отримано без застосування добрив;

$I''$ ,  $II''$ ,  $III''$  – значення врожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид;

$I'''$ ,  $II'''$ ,  $III'''$  – значення врожайності рослин I, II та III років використання, які отримано за удобрення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом.

Коефіцієнти кореляції ( $r$ ) між діаметром кущів гісопу лікарського та врожайністю зеленої надземної маси на фоні різних рівнів зволоження коливаються залежно від року використання рослин. Найбільша величина коефіцієнту кореляції (0,99992) відмічена у рослин I року використання за рівня зволоження 80-70-70 % НВ, що свідчить про більшу чутливість рослин гісопу лікарського при формуванні габітусу до рівня зволоження саме на

першому році використання. Найменші значення коефіцієнту кореляції (0,94005) визначено для рослин третього року використання за рівня зволоження 90-80-70% НВ. Тобто до третього року використання рослини гісопу лікарського стають менш чутливими до рівня зволоження. Аналіз кореляційно-регресійних моделей залежності урожайності надземної зеленої маси від діаметру кущів гісопу лікарського свідчить, що на фоні різних рівнів зволоження та удобрення, відбувається збільшення діаметру кущів гісопу лікарського і разом з тим збільшується урожайність надземної зеленої маси.

Рівняння залежності урожайності зеленої надземної маси від діаметру кущів гісопу лікарського носить лінійний характер і в загальному вигляді може бути представлено наступною формулою:

$$y = a \cdot x + b$$

де  $y$  – урожайність зеленої надземної маси рослин гісопу лікарського, т/га

$x$  – діаметр куща гісопу лікарського, см

$a, b$  – коефіцієнти, що залежать від норми та способу внесення добрив.

За даними рисунків 3.7 та 3.8 також можна зробити висновок, що рослини гісопу лікарського добре реагують не тільки на рівень зволоження а й на удобрення. Так рослини формували найбільший діаметр кущів і відповідно найбільшу урожайність зеленої надземної маси за удобрення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом на фоні зволоження 90-80-70% НВ.

Нашими дослідженнями встановлено, що у середньому за роки досліджень, маса рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння найбільшою була у рослин третього року використання і коливалася в межах 659,4 – 1218,4 г/м<sup>2</sup> залежно від варіанту досліді (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Маса рослин гісопу лікарського залежно від мінеральних добрив та зрошення на початку фази цвітіння, г/м<sup>2</sup>**

| Рівень зволоження                                    | Удобрення                |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
|  | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| перший рік використання (середнє за 2018 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 226,0                    | 288,2                                   | 341,4   |
| 90-80-70% НВ   | 228,9                    | 294,1                                   | 405,1   |
| другий рік використання (середнє за 2019 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 574,4                    | 670,5                                   | 958,5   |
| 90-80-70% НВ   | 583,2                    | 695,3                                   | 1030,8  |
| третій рік використання (2020 р.)                    |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 659,4                    | 904,0                                   | 1209,6  |
| 90-80-70% НВ   | 706,5                    | 912,3                                   | 1218,4  |

Слід зазначити, що застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врозкид + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом, незалежно від року використання забезпечувало найбільші показники – 405,1 – 1218,4 г/м<sup>2</sup>, що перевищило показники варіанту без удобрення і рівня зволоження 80-70-70% НВ на 179,1 – 559,0 г/м<sup>2</sup> або на 44,2 – 45,9%.

### 3.2 Урожайність гісопу лікарського

Гісоп – одна з лікарських рослин, яка має багато властивостей та переваг для здоров'я організму. Гісоп – однорічна рослина, яка часто росте вздовж узбіч доріг. Листя та зелені стебла ісопу містять багато біологічно активних сполук, таких як розмарин та кофеїнова кислота, а також пініон, бета-пінна, лімонен, піноамофон та ізопінокампон, таніни, глікозиди,

флавоноїди та ефірні олії. Встановлено, що його можна виробляти виключно методом парової дистиляції з подрібненого листя та стебел [8, 9, 21].

У сучасних умовах глобальних кліматичних змін виникає нагальна потреба створення оптимальних агроекологічних умов для вирощування лікарських рослин, зокрема гісопу лікарського, з метою підвищення продуктивності та покращення якісного складу лікарської сировини. Зміна температурного режиму, дефіцит вологи у ґрунті та збільшення частоти екстремальних погодних явищ потребують впровадження адаптивних агротехнологій, здатних забезпечити стабільне функціонування фітоценозів і формування високоякісної біомаси. Одним із пріоритетних напрямів удосконалення технологій вирощування є застосування краплинного зрошення, яке дозволяє раціонально використовувати водні ресурси та підтримувати водний баланс у критичні фази росту та розвитку рослин. Водночас, надзвичайно важливим залишається завдання оптимізації мінерального живлення – шляхом наукового обґрунтування доз мінеральних добрив, що забезпечують максимальний синтез біологічно активних речовин та мінімізують накопичення небажаних сполук у готовій продукції [3, 5, 22, 26].

Нашими дослідженнями встановлено, що за вирощування гісопу лікарського при дотриманні режиму зрошення 80-70-70% НВ урожайність зеленої надземної маси рослин за використання насаджень першого року використання, у середньому за роки досліджень, склала 2,59 – 4,39 т/га залежно від варіанту удобрення, а при дотриманні режиму 90-80-70% НВ – 2,93 – 4,52 т/га, або на 0,09 – 0,34 т/га або на 2,4 – 11,6% (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Вплив мінеральних добрив та зрошення на урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського першого року використання, т/га**

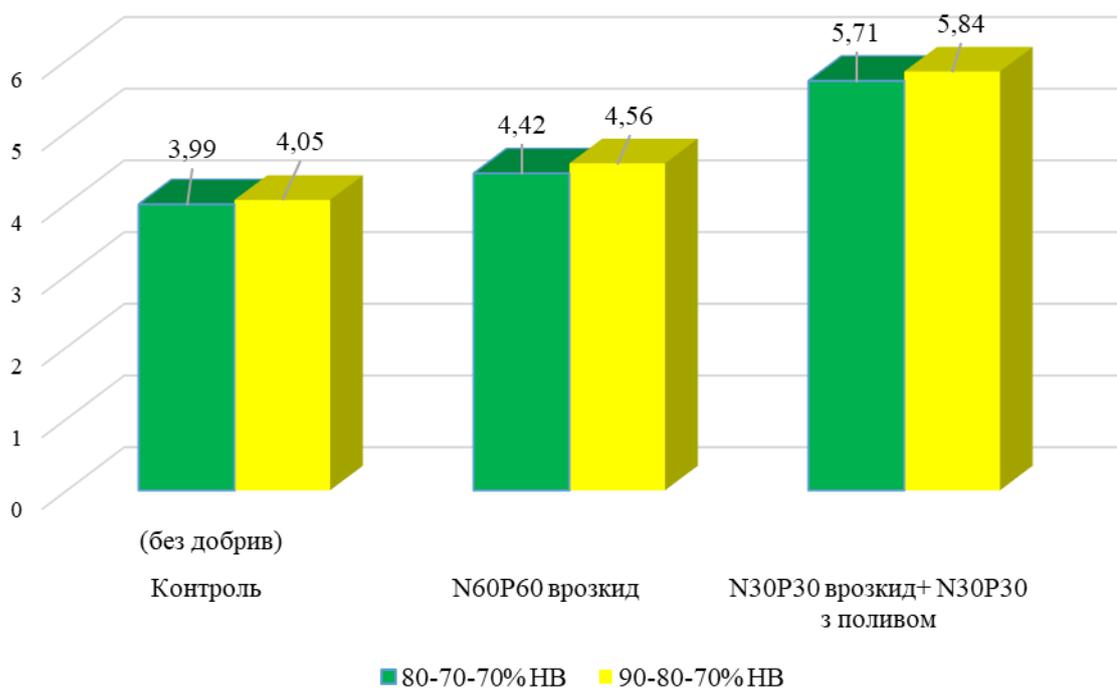
| Рівень зволоження   | Удобрення                |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
|   | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| 2018 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 2,74                     | 3,92                                    | 4,54  |
| 90-80-70% НВ  | 3,05                     | 4,01                                    | 4,68  |
| 2019 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 2,68                     | 3,74                                    | 4,47  |
| 90-80-70% НВ  | 2,99                     | 3,88                                    | 4,52  |
| 2020 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 2,35                     | 3,29                                    | 4,16  |
| 90-80-70% НВ  | 2,75                     | 3,33                                    | 4,36  |
| середнє за 2018 – 2020 рр.  |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 2,59                     | 3,65                                    | 4,39  |
| 90-80-70% НВ  | 2,93                     | 3,74                                    | 4,52  |
| НІР <sub>05</sub> фактор А: 0,760 – 0,800; фактор В: 0,205 – 0,224; взаємодія АВ: 0,956 – 0,219 |                          |   |   |

Порівнюючи рівні зволоження між собою, слід зауважити, що режим зрошення 80-70-70% НВ за використання насаджень другого та третього року використання був менш ефективним порівняно до варіанту 90-80-70% НВ (табл. 3.8, рис. 3.9).

Таблиця 3.8

**Вплив мінеральних добрив та зрошення на урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського другого року використання, т/га**

| Рівень зволоження   | Удобрення                |   |   |
|---|--------------------------|---|---|
|   | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| 2019 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 3,24                     | 4,25                                    | 5,71  |
| 90-80-70% НВ  | 3,32                     | 4,30                                    | 5,80  |
| 2020 р.   |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ  | 2,98                     | 3,97                                    | 5,65  |
| 90-80-70% НВ  | 3,00                     | 4,00                                    | 5,70  |
| середнє за 2019 – 2020 рр.  |                          |   |   |
| 80-70-70 %НВ  | 3,11                     | 4,11                                    | 5,68  |
| 90-80-70 %НВ  | 3,16                     | 4,15                                    | 5,75  |
| НІР <sub>05</sub> фактор А: 0,021 – 0,036; фактор В: 0,021 – 0,029; взаємодія АВ: 0,019 – 0,025 |                          |   |   |



**Рис. 3.9. Урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського третього року використання (2020 р.) залежно від мінеральних добрив та зрошення, т/га**

Так, за використання даного рівня зволоження, у середньому за роки досліджень забезпечувало одержання урожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського другого року використання 3,11 – 5,68 т/га, а третього року використання насаджень – 3,99 – 5,71 т/га, що менше за урожайність гісопу лікарського за варіанту зволоження 90-80-70% НВ на 0,04 – 0,07 та 0,06 – 0,14 т/га або на 1,0 – 1,2 та 1,5 – 3,1% залежно від варіанту удобрення.

Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення підвищувало урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}$  врожайність порівняно до контрольного варіанту досліді підвищилася на 0,47 – 0,99 т/га або на 10,5 – 23,9% залежно від року використання насаджень, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врожайність +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – на 1,70 – 2,58 т/га або на 38,1 – 45,1% залежно від року використання насаджень.

Отже, найвищою урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського незалежно від року використання визначена у всі роки досліджень за застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врожайність +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – 4,52 – 5,84 т/га.

### **3.3 Вміст та вихід ефірної олії гісопу лікарського**

Окрім продуктивності рослин, вирішальне значення для лікарських рослин мають також якісні аспекти виробництва. Лікарські рослини високо цінуються в промисловості по всьому світу, а ті, що мають підвищений рівень вторинних метаболітів, особливо цінуються [23].

Ефірні олії - це складні суміші летких монотерпенів і сесквітерпенів, які в основному містяться в листках рослин, стеблах, квітах, шкірці плодів і коренях. Вони є вторинними метаболітами, задіяними в основному в захисті рослин і адаптації до факторів навколишнього середовища [10, 15, 28].

Згідно з існуючою літературою, профіль ефірної олії гісопу складається переважно з монотерпенів, понад 80% з яких складаються з оксигенованих або вуглеводневих типів. Домінуючим класом профілю ефірної олії є

оксигеновані монотерпени, що становлять від 43,6% до 63%. Серед них пінокамфон (як цис-, так і транс-ізомери), ізо-пінокамфон, 1,8-цинеол та  $\beta$ -пінен становлять понад 70% профілів ефірних олій ісопу [7, 18, 24].

Для більшості видів ароматичних рослин вихід ефірної олії дуже низький, і для обробки промислових кількостей рослинного матеріалу потрібне велике дистиляційне обладнання та значне споживання теплової енергії. Як наслідок, вченими докладається багато зусиль, щоб підвищити урожайність ефіроолійних культур за рахунок удосконалення технології вирощування та удосконалення техніки екстракції. Зокрема, проводяться наукові дослідження пов'язані з підвищенням урожайності культур та покращенням якісного складу рослинної сировини [14, 29].

Ряд авторів стверджують, що вирішальними факторами накопичення ефірних олій в рослинній сировині є їх агротехніка вирощування, ґрунтово-кліматичні умови, фізико-хімічні характеристики ґрунту та освітленість посівів [12, 16, 19].

Слід також відмітити, що упродовж останніх років спостерігається активізація кліматичних змін, що суттєво ускладнює агротехнічні умови вирощування багатьох традиційних видів лікарських рослин і стримує впровадження нових перспективних культур до сільськогосподарського виробництва. Одним із ключових лімітуючих чинників є дефіцит ґрунтової вологи у фазах, критичних для росту, розвитку й формування врожаю більшості лікарських культур. Тривалі посушливі періоди в поєднанні з підвищеним температурним режимом призводять до зрідження посівів, зниження надземної біомаси рослин, пригнічення синтезу вторинних метаболітів, а в окремих випадках — до повної загибелі рослин. Найбільш вразливими в умовах змін клімату є вологолюбні види, для яких дефіцит вологи стає критичним навіть у короткостроковій перспективі. Це, своєю чергою, зумовлює необхідність перегляду агротехнічних підходів, включно з добором посухостійких сортів, адаптивних технологій обробки ґрунту, а також застосування зрошення.

Дослідженнями Приведенюк Н. В. та ін. [4] встановлено позитивну дію зрошення на накопичення екстрактивних речовин та ефірної олії в рослинах валеріани лікарської. Так, застосування краплинного зрошення сприяло одержанню сухих коренів з кореневищами із вмістом екстрактивних речовин у межах 35,87–39,54% (за мінімально допустимого – 25%), ефірної олії – 5,7–6,4 мл/кг (за мінімально допустимого – 4,0 мл/кг) та суми сесквітерпенових кислот – 0,23–0,30% (за вимог ЄФ не менше 0,17%).

Дослідженнями Pryvedeniuk N. та ін. [26] встановлено, що використання краплинного зрошення забезпечило досить високу ефективність застосування мінеральних добрив. У варіанті з внесенням  $N_{180}P_{180}K_{180}$  вихід сухого листа чебрецю був найвищим - 2,48 т/га, що на більше порівняно до контрольного варіанту досліді на 1 т/га.

Нашими дослідженнями також встановлено, що застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло формуванню вищої продуктивності рослин гісопу лікарського, в тому числі і накопичення ефірної олії в рослинах (табл. 3.9).

У середньому за роки досліджень, за використання насаджень першого року використання, за варіанту зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом масова частка ефірної олії у сировині гісопу лікарського склала 1,21% від сирої біомаси, що перевищило показники варіанту без внесення мінеральних добрив на 0,18%. Застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{60}$  врозкид за даного варіанту рівня зволоження забезпечило зростання досліджуваного показника порівняно до варіанту без удобрення на 0,11%.

Така ж тенденція спостерігалася і за використання насаджень другого і третього років використання. Використання зволоження на рівні 90-80-70% НВ та мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло зростанню масової частки ефірної олії гісопу лікарського залежно від року використання насаджень на 0,20 – 0,24% від сирої біомаси, варіанту удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид – на 0,08 – 0,17% від сирої біомаси.

Таблиця 3.9

**Вплив мінеральних добрив та зрошення на масову частку ефірної олії  
гісопу лікарського, % від сирої біомаси**

| Рівень<br>зволоження                                 | Удобрення                |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
|  | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| перший рік використання (середнє за 2018 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 0,80                     | 1,06                                    | 1,17  |
| 90-80-70% НВ   | 1,03                     | 1,14                                    | 1,21  |
| другий рік використання (середнє за 2019 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 0,86                     | 1,15                                    | 1,25  |
| 90-80-70% НВ   | 1,12                     | 1,20                                    | 1,32  |
| третій рік використання (2020 р.)                    |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 1,00                     | 1,28                                    | 1,37  |
| 90-80-70% НВ   | 1,18                     | 1,35                                    | 1,42  |

Одним із ключових агротехнічних факторів, що впливають на накопичення ефірної олії є вологозабезпечення рослин упродовж вегетаційного періоду.

За природних умов Південного Степу України гісоп відчуває значний дефіцит ґрунтової вологи, особливо у фазі бутонізації – масового цвітіння рослин, коли формуються і накопичуються леткі терпенові сполуки (переважно пінокамфен, ізопінокамфон, камфора, β-пінен, лімонен тощо). Недостатня вологість ґрунту в цей період призводить до зниження фотосинтетичної активності та обмежує біосинтез вторинних метаболітів, зокрема ефірної олії.

Нашими дослідженнями встановлено, що в середньому за роки досліджень, вищий вміст ефірної олії у надземній масі рослин гісопу лікарського визначено за рівня зволоження 90-80-70 % НВ, що у середньому за варіантами удобрення, перевищило показники варіанту зволоження 80-70-

70% НВ на 10,6 відсоткових пунктів за використання насаджень першого року використання, відповідно на 9,9 та 7,6 відсоткових пунктів за використання насаджень другого і третього року використання.

У середньому за роки досліджень, умовний вихід олії гісопу лікарського з насаджень першого року використання коливався в межах 20,7 – 54,7 кг/га залежно від варіанту досліду (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Умовний вихід олії гісопу лікарського залежно від мінеральних добрив та зрошення, кг/га**

| Рівень зволоження                                    | Удобрення                |   |   |
|--|--------------------------|---|---|
|  | контроль<br>(без добрив) | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид+<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом |
| перший рік використання (середнє за 2018 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 20,7                     | 38,7                                    | 51,4  |
| 90-80-70% НВ   | 30,2                     | 42,6                                    | 54,7  |
| другий рік використання (середнє за 2019 – 2020 рр.) |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 26,7                     | 47,3                                    | 71,0  |
| 90-80-70% НВ   | 35,4                     | 49,8                                    | 74,8  |
| третій рік використання (2020 р.)                    |                          |   |   |
| 80-70-70% НВ   | 39,9                     | 56,6                                    | 78,2  |
| 90-80-70% НВ   | 47,8                     | 61,6                                    | 82,9  |

На другому і третьому році використання насаджень рослини гісопу лікарського формували значно більшу урожайність надземної маси з вищими показниками вмісту ефірної олії, що позитивно позначилося на її умовному виході з площі насаджень. Так, залежно від варіанту досліду умовний вихід олії за використання насаджень другого року використання коливався в межах 26,7 – 74,8 кг/га, а третього року використання – 39,9 – 82,9 кг/га.

Слід відмітити, що незалежно від року використання насаджень гісопу лікарського, за варіанту зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення

мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом було визначено найвищий умовний вихід ефірної олії з 1 га насаджень – 54,7 – 82,9 кг/га залежно від роки використання насаджень, що перевищило показники варіанту без застосування мінеральних добрив та зволоження на рівні 80-70-70% НВ на 34,0 - 48 кг/га або на 51,9 – 64,3%.

Отже, нашими дослідженнями визначено, що застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом забезпечувало незалежно від року використання насаджень гісопу лікарського найвищі показники якості отриманої надземної біомаси культури.

### **Висновки до розділу 3:**

1. Формування лінійних розмірів рослин гісопу лікарського залежить від застосування мінеральних добрив. У середньому за роки досліджень та по всіх варіантах зволоження, внесення  $N_{60}P_{60}$  врозкид забезпечувало збільшення висоти відносно контрольного варіанта на 15,7 – 33,9% залежно від року використання насаджень. Поєднання внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом забезпечувало найбільший приріст – на 37,1 – 46,2% залежно від року використання насаджень.

Між висотою рослин гісопу лікарського та урожайністю зеленої надземної маси на фоні різних рівнів зволоження та удобрення упродовж трьох років використання існує сильний кореляційний зв'язок. Найбільше значення коефіцієнту кореляції (0,98304) виявлено у рослин III року використання за рівня зволоження 80-70-70% НВ.

2. Кількість вегетативно-генеративних пагонів на рослині гісопу лікарського зростала починаючи з другого року життя. На другий рік використання насаджень їх кількість, у середньому за варіантами досліджу, становила 64,3 шт./1рослину, а на третій рік використання насаджень – 77,7 шт./1рослину, що перевищило показники насаджень першого року використання на 17,0 – 30,4 шт./1рослину або на 26,4 – 39,1%.

Застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло формуванню більшої кількості пагонів рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння – 59 – 90 шт./1рослину залежно від року використання.

3. Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення збільшувало діаметр куща гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}$  врозкид діаметр куща порівняно до контрольного варіанту дослідження підвищилася на 9,5 – 12,0 см або на 14,5 – 31,7%, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – на 15,0 – 24,0 см або на 23,8 – 42,3% залежно від року використання насаджень.

4. Застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом, незалежно від року використання насаджень, забезпечувало найбільші показники маси рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння – 405,1 – 1218,4 г/м<sup>2</sup>, що перевищило показники варіанту без удобрення і рівня зволоження 80-70-70% НВ на 44,2 – 45,9%.

5. Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення підвищувало урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}$  врозкид урожайність порівняно до контрольного варіанту дослідження підвищилася на 10,5 – 23,9%, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – на 38,1 – 45,1% залежно від року використання насаджень.

За використання режиму зрошення 90-80-70% НВ, у середньому за роки досліджень, забезпечувало одержання вищої урожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського на 1,0 – 11,6% залежно від варіанту удобрення та року використання насаджень.

6. Використання зволоження на рівні 90-80-70% НВ та мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло зростанню масової частки ефірної олії гісопу лікарського на 29,6 – 34,8 відсоткових пунктів, а варіанту удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид – на 25,9 – 29,8 відсоткових пунктів залежно від

року використання насаджень.

За матеріалами розділу опубліковано чотири наукових праці [1, 2, 8, 9].

### Список використаних джерел до розділу 3:

1. Добровольський П. А., Андрійченко Л. В., Коваленко О. А., Качанова Т. В. Формування фітоценозів гісопу лікарського на техногенно трансформованих землях Миколаївщини. The current state of fundamental and applied natural sciences research : collective monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. P. 160 – 177.

2. Добровольський П. А. Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 120. С. 36 – 42.

3. Приведенюк Н. В., Глущенко Л. А., Трубка В. А. Вплив способів вирощування розсади та площі живлення на ріст та розвиток меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.) в умовах краплинного зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 1. С. 91–97.

4. Приведенюк Н. В., Середа Л. О., Шатковський А. П., Середа О. В. Вплив краплинного зрошення на якість сировини валеріани лікарської (*Valeriana officinalis* L.). *Агроекологічний журнал*. 2016. №2. С. 122-128.

5. Приведенюк Н. В., Шатковський А. П. Вплив площі живлення материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.) на ріс та розвиток в умовах краплинного зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2020. №1. С. 68–75.

6. Aghaei K., Ghasemi Pirbalouti A., Mousavi A., Naghdi-Badi H. A., Mehnatkesh A. M. Effects of foliar spraying of L-phenylalanine and application of bio-fertilizers on growth, yield, and essential oil of hyssop [*Hyssopus officinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)]. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019. 21. 101318.

7. Ahmadi H., Babalar M., Sarcheshmeh M. A. A., Morshedloo M. R., Shokrpour M. Effects of exogenous application of citrulline on prolonged water

stress damages in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.): Antioxidant activity, biochemical indices, and essential oils profile. *Food Chemistry*. 2020. 333. 127433.

8. Dobrovolskyi P., Andriichenko L., Kachanova T., Manushkina T. Creating hyssop phytocenoses in anthropogenically transformed ecosystems. E3S Web of Conferences 255. ISCMEE 2021. 01009. P. 1-7.

9. Dobrovolskyi P. A. Biological reclamation of anthropogenically transformed lands with the help hyssopus officinalis. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : збірник матеріалів V міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 27-28 жовтня 2022 р.). Херсон: «Олді+», 2022. С. 82 – 85.

10. Détár E., Németh É.Z., Gosztola B., Demján I., Pluhár Z. Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). *Biochemical Systematics and Ecology*. 2020. 90. 104020.

11. Fallah S., Ghanbari-Odivi A., Rostaei M., Maggi F., Shahbazi E. Improvement of production and quality of essential oils in multi-cut peppermint (*Mentha piperita* L.) through eco-friendly fertilizers in the semi-arid highlands. *Industrial Crops and Products*. 2024. 216. 118801.

12. Fernández-Sestelo M., Carrillo J. Environmental effects on yield and composition of essential oil in wild populations of spike Lavender (*Lavandula latifolia* Medik.). *Agriculture*. 2020. 10. 626.

13. 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. 10. 894.

14. Golubkina N., Logvinenko L., Novitsky M., Zamana S., Sokolov S., Molchanova A., Shevchuk O., Sekara A., Tallarita A., Caruso G. Yield, essential oil and quality performances of *Artemisia dracuncululus*, *Hyssopus officinalis* and *Lavandula angustifolia* as affected by arbuscular mycorrhizal fungi under organic management. *Plants*. 2020. 9. 375.

15. Harkat-Madouri L., Asma B., Madani K., Bey-Ould Si Said Z., Rigou P., Grenier D., Allalou H., Remini H., Adjaoud A., Boulekbache-Makhlouf L. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. *Industrial Crops and Products*. 2015. 78. P. 148–153.
16. Hassiotis C., Ntana F., Lazari D., Poulis S., Vlachonasios K. Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. *Industrial Crops and Products*. 2014. 62. P. 359–366.
17. Jankovský M., Landa, T. *Genus Hyssopus* L. - Recent knowledge: A review. *Horticultural Science*. 2002. 29. P. 119–123.
18. 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. 15. P. 193–207.
19. Moghaddam M., Mehdizadeh L. Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. *Soft Chemistry and Food Fermentation*. 2017. P. 379–419.
20. Moro A., Zalacain A., Hurtado de Mendoza J., Carmona M. Effects of agronomic practices on volatile composition of *Hyssopus officinalis* L. *Essential Oils. Molecules*. 2011. 16(5). P. 4131-4139.
21. Naderi G., Mohammadi A., Younesi Alamouti M. The Effect of Bio Fertilizers, Manure and Chemical Fertilizer on Quantity and Quality of Essential Oil of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.). *Journal of Medicinal plants and By-Products*. 2023. 12(4). P. 439-447.
22. Naglaa S. A. T., Hassan S. M., Omer A. E. Foliar application of urea, phosphorus, and gibberellin on the growth, essential oil and nutrients contents of *Thymus vulgaris* L. *Annals of Agricultural Sciences*. 1997. Vol. 42 (2). P. 537–555.
23. Nasiri Y. Crop productivity and chemical compositions of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) essential oil under different cropping patterns and fertilization. *Industrial Crops and Products*. 2021. 171. 113920.

24. Pandey V., Verma R. S., Chauhan A., Tiwari R. Compositional variation in the leaf, flower and stem essential oils of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) from Western-Himalaya. *Journal of Herbal Medicine*. 2014. 4. P. 89–95.

25. Pirnia M., Shirani K., Tabatabaee Yazdi F., Moratazavi S.A., Mohebbi M. Characterization of antioxidant active biopolymer bilayer film based on gelatin-frankincense incorporated with ascorbic acid and *Hyssopus officinalis* essential oil. *Food Chem*. 2022. 14. 100300.

26. Pryvedeniuk N., Kutsyk T., Hlushchenko L. The effect of main mineral fertilizers application and plants nutrition area on the quality of thyme raw plant materials (*Thymus vulgaris* L.) under irrigation conditions. *Агроекологічний журнал*. 2021. №2. С. 125-132.

27. Skrypnik L., Feduraev P., Styran T., Golovin A., Katserov D., Nebreeva S., Maslennikov P. 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. *Horticulturae*. 2022. 8. 1037.

28. Truzzi E., Benvenuti S., Bertelli D., Francia E., Ronga D. Effects of biostimulants on the chemical composition of essential oil and hydrosol of lavandin (*Lavandula x intermedia* emeric ex loisel.) cultivated in tuscan-emilian apennines. *Molecules*. 2021. 26. 6157.

29. Verrillo M., Cozzolino V., Spaccini R., Piccolo A. Humic substances from green compost increase bioactivity and antibacterial properties of essential oils in Basil leaves. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2021. 8. P. 1–14.

## РОЗДІЛ 4

### ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ *HYSSOPUS OFFICINALIS* L.

#### 4.1 Поживний режим ґрунту

Україна має найкращі у світі ґрунти за потенціалом родючості, перш за все це стосується чорноземних ґрунтів. Але внаслідок порушення законів землеробства та недотримання зональних рекомендацій щодо вирощування сільськогосподарських культур вони втрачають основні показники родючості, зокрема зменшується вміст в них макро- та мікроелементів, гумусу, а також погіршується їх структура. Наслідком цього процесу є зниження продуктивності сільськогосподарських культур в зоні Південного Степу та в цілому по Україні [3].

Відновленню родючості ґрунтів, підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур, одержанню екологічно чистої продукції сприятиме використання біологічних препаратів [17].

За даними науковців використання ефіроолійних культур, в т.ч. і *Hyssopus officinalis* L. сприяє відновленню ґрунтів, яким загрожує вітрова та водна ерозія [25, 27].

Оптимальний поживний режим ґрунту під насадженнями гісопу лікарського, як культури з багаторічним циклом росту і розвитку, перед закладанням насаджень та підтримання рівня забезпечення ґрунту основними елементами живлення упродовж вегетації культури є одним із способів підвищення продуктивності гісопу лікарського.

Вміст елементів живлення у ґрунті дослідної ділянки коливався залежно від року вирощування гісопу лікарського та варіантів живлення. Так, у ґрунті під насадженнями першого року використання на період весняного відновлення вегетації культури вміст нітратного азоту коливався в межах 42,1 – 52,1 мг/кг ґрунту (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Вміст рухомих елементів живлення у шарі ґрунту 0 – 40 см  
під насадженнями гісопу лікарського першого року використання  
(2020 р.), мг/кг ґрунту**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Період визначення            |                               |                  |                              |                               |                  |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                 |                          | весняне відростання          |                               |                  | початок цвітіння             |                               |                  |
|                                 |                          | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 42,1                         | 55,3                          | 324,1            | 34,1                         | 47,0                          | 310,2            |
|                                 | Квантум-технічні         |                              |                               |                  | 35,3                         | 49,3                          | 308,4            |
|                                 | Хелафіт комбі            |                              |                               |                  | 35,4                         | 49,8                          | 309,2            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) |                              |                               |                  | 37,1                         | 50,4                          | 312,5            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    |                              |                               |                  | 39,3                         | 51,3                          | 313,7            |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 45,0                         | 60,2                          | 328,6            | 39,2                         | 56,2                          | 311,5            |
|                                 | Квантум-технічні         |                              |                               |                  | 40,5                         | 58,4                          | 315,4            |
|                                 | Хелафіт комбі            |                              |                               |                  | 40,3                         | 57,9                          | 317,2            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) |                              |                               |                  | 40,8                         | 56,4                          | 319,6            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    |                              |                               |                  | 41,4                         | 58,9                          | 320,2            |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 52,1                         | 68,3                          | 331,4            | 44,1                         | 60,2                          | 311,8            |
|                                 | Квантум-технічні         |                              |                               |                  | 46,3                         | 63,4                          | 314,2            |
|                                 | Хелафіт комбі            |                              |                               |                  | 47,6                         | 64,0                          | 316,5            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) |                              |                               |                  | 48,5                         | 64,5                          | 316,7            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    |                              |                               |                  | 48,7                         | 65,1                          | 318,9            |

Слід відмітити, що внесення мінеральних добрив, особливо в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>, сприяло збільшенню вмісту нітратів у ґрунті на 10,0 мг/кг або на 19,2% порівняно до контрольного варіанту дослідів.

Дещо менший вміст нітратів у ґрунті на час весняного відростання, порівняно з використанням дози  $N_{90}P_{90}$ , було відмічено за внесення мінеральних добрив в дозі  $N_{45}P_{45}$  – на 7,1 мг/кг або на 13,6%. Дослідженнями встановлено, що вміст нітратів у ґрунті за внесення  $N_{45}P_{45}$  на час весняного відростання гісопу лікарського був вищим порівняно до контролю на 2,9 мг/кг або на 6,4%.

Така ж тенденція спостерігалася і щодо вмісту рухомого фосфору та обмінного калію у ґрунті під насадженнями гісопу лікарського першого року використання. Так, на час весняного відростання найменше у ґрунті містилося досліджуваних елементів живлення на контрольному варіанті досліду. Внесення мінеральних добрив в дозі  $N_{45}P_{45}$  та  $N_{90}P_{90}$  забезпечило підвищення вмісту рухомого фосфору на 4,9 – 13,0 мг/кг або на 8,1 – 19,0%, а обмінного калію на 4,5 – 7,3 мг/кг або на 1,4 – 2,2% залежно від дози мінеральних добрив.

Упродовж вегетаційного періоду рослини гісопу лікарського першого року використання активно використовували елементи живлення на формування продуктивності. Так, у середньому по варіантам позакореневого підживлення, на початку цвітіння культури на фоні внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{45}$  та  $N_{90}P_{90}$  вміст нітратів у ґрунті зменшився порівняно з початковою його кількістю на 4,6 та 5,1 мг/кг ґрунту або на 9,8 – 10,2%, а в неудобреному ґрунті - на 5,9 мг/кг ґрунту або на 14,0%.

Нашими дослідженнями встановлено, що проведення одноразових позакорневих підживлень рослин гісопу лікарського в період вегетації сучасними рістрегулюючими препаратами незначно впливало на витрачання сполук азоту з ґрунту порівняно з фоновим внесенням мінеральних добрив. Так, за внесення мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  та застосування у фазі гілкування рослин препарату Квантум-технічні у ґрунті містилося азоту 46,3 мг/кг ґрунту, а препарату Хелат комбі – 47,6 мг/кг ґрунту, що перевищило його кількість у варіанті лише мінерального живлення  $N_{90}P_{90}$  на 4,8 та 7,4%, а контрольного варіанту досліду – на 26,3 та 28,4% залежно від препарату.

Слід відмітити, що застосування позакореневого підживлення посівів гісопу лікарського двічі за вегетацію забезпечило дещо вище накопичення нітратного азоту у ґрунті дослідної ділянки у фазі цвітіння культури порівняно з контрольним варіантом досліду. Так, за внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення у фазі гілкування та бутонізації позакореневого підживлення препаратами Квантум-технічні та Хелат комбі вміст азоту у ґрунті склав 48,5 – 48,7 мг/кг ґрунту, що перевищило показники контрольного варіанту досліду на 29,7 – 30,0%.

Зазначене, очевидно, пояснюється тим, що за проведення позакорневих підживлень у період вегетації рослин гісопу лікарського поживний розчин наносять на надземну масу рослин і він майже не потрапляє до ґрунту. Деяке збільшення вмісту елементів живлення, в т. ч. і азоту, у ґрунті на початку цвітіння культури у варіантах застосування позакорневих підживлень порівняно з контролем, можна пояснити тим, що рослини використовують з поживного розчину препаратів необхідні їм сполуки для активізації ростових процесів, тоді як на контрольному варіанті досліду – вони їх використовували з ґрунту.

Нашими дослідженнями встановлено, що вміст рухомого фосфору і обмінного калію у ґрунті зменшувався від періоду весняного відростання рослин гісопу лікарського до початку їх цвітіння аналогічно вмісту нітратного азоту. Так, в середньому по варіантам досліду на початку цвітіння рослин гісопу лікарського першого року використання у ґрунті містилося 56,9 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 314,4 мг/кг ґрунту обмінного калію, що менше порівняно до їх вмісту на період весняного відростання рослин відповідно на 4,4 та 13,6 мг/кг ґрунту або на 7,2 та 4,1%.

Найвищим вміст рухомого фосфору та обмінного калію на початку цвітіння гісопу лікарського був за використання мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  та застосування позакорневих підживлень двічі за вегетацію препаратом Хелафіт комбі – 65,1 та 318,9 мг/кг ґрунту відповідно, що перевищило показники контрольного варіанту досліду відповідно на 27,8 та 2,7%.

Нами визначено, що як і в першому році використання, так і в другому, рослини гісопу лікарського активно використовували елементи живлення на ріст і розвиток, що можна пояснити суттєвим зростанням загального габітусу рослин гісопу лікарського та формування ними продуктивності (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Вміст рухомих елементів живлення в шарі ґрунту 0 – 40 см під насадженнями гісопу лікарського другого року використання на початку фази цвітіння (2021 р.), мг/кг ґрунту**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Вміст                        |                               |                  |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                 |                          | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 25,0                         | 34,1                          | 305,6            |
|                                 | Квантум-технічні         | 25,9                         | 35,5                          | 306,2            |
|                                 | Хелафіт комбі            | 25,8                         | 35,3                          | 306,8            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 26,5                         | 35,9                          | 307,3            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 26,9                         | 36,2                          | 307,4            |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 27,3                         | 39,5                          | 306,5            |
|                                 | Квантум-технічні         | 28,0                         | 40,1                          | 308,7            |
|                                 | Хелафіт комбі            | 28,4                         | 40,4                          | 309,2            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 29,9                         | 41,6                          | 311,5            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 30,2                         | 41,9                          | 311,9            |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 32,1                         | 42,2                          | 310,2            |
|                                 | Квантум-технічні         | 33,4                         | 42,9                          | 311,8            |
|                                 | Хелафіт комбі            | 33,6                         | 43,1                          | 312,2            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 34,0                         | 43,6                          | 313,2            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 34,3                         | 43,8                          | 314,0            |

Так, в середньому по варіантам дослідів, на початок цвітіння гісопу лікарського у ґрунті містилося 29,4 мг/кг ґрунту нітратного азоту, 39,7 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та 309,5 мг/кг ґрунту обмінного калію, що менше порівняно із показниками вмісту елементів живлення у ґрунті на початку

весняного відростання у перший та другий роки використання насаджень на 43,5, 41,9 та 6,6% відповідно.

Як і в першому році використання насаджень, варіант сумісного використання мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі за вегетацію підживлень насаджень препаратом Хелафіт комбі характеризувався найвищим вмістом елементів живлення у ґрунті та перевищив показники контрольного варіанту досліджу на 2,7 – 27,1% залежно від досліджуваних елементів живлення.

Високі дози мінеральних добрив, особливо  $N_{90}P_{90}$ , та застосування позакореневих підживлень сучасними рістрегулюючими препаратами двічі за період вегетації (перший раз у фазу гілкування, другий – у фазу бутонізації) забезпечило підтримання оптимального поживного режиму ґрунту під насадженням гісопу лікарського третього року використання (табл. 4.3) і, в подальшому, сприяло значному підвищенню продуктивності рослин.

У 2022 році на початку цвітіння рослин гісопу лікарського більш активно використовували елементи живлення з ґрунту та їх вміст порівняно з попередніми роками, в середньому по варіантам досліджу, зменшився: на 3,1 – 30,6% більше нітратного азоту, на 6,3 – 36,8% – рухомого фосфору та на 5,4 – 6,8% – обмінного калію порівняно із їх вмістом на період весняного відростання.

Слід відмітити, що посушливі умови вегетаційного періоду рослин гісопу лікарського у 2022 р. забезпечили несприятливі умови для розвитку ґрунтових організмів, поглинання кореневою системою рослин елементів живлення з ґрунту, що призвело до більшого використання елементів живлення з ґрунту всіх варіантів досліджу.

Таблиця 4.3

**Вміст рухомих елементів живлення в шарі ґрунту 0 – 40 см під насадженнями гісопу лікарського третього року використання на початку фази цвітіння (2022 р.), мг/кг ґрунту**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Вміст                        |                               |                  |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                 |                          | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 20,0                         | 30,5                          | 273,0            |
|                                 | Квантум-технічні         | 23,2                         | 31,2                          | 275,1            |
|                                 | Хелафіт комбі            | 23,5                         | 30,9                          | 275,4            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 24,0                         | 32,4                          | 279,3            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 25,2                         | 32,8                          | 279,8            |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 24,8                         | 35,1                          | 291,0            |
|                                 | Квантум-технічні         | 29,1                         | 38,4                          | 300,0            |
|                                 | Хелафіт комбі            | 29,4                         | 37,9                          | 300,5            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 32,2                         | 40,1                          | 305,1            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 33,1                         | 40,9                          | 304,9            |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 31,5                         | 40,2                          | 297,3            |
|                                 | Квантум-технічні         | 32,1                         | 41,0                          | 301,2            |
|                                 | Хелафіт комбі            | 32,6                         | 41,2                          | 301,6            |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 33,5                         | 42,5                          | 304,2            |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 34,0                         | 43,0                          | 305,0            |

Незважаючи на дещо несприятливі погодні умови вегетаційного періоду 2022 р. рослини гісопу лікарського більш ощадливо поглинали елементи живлення з ґрунту за використання мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>, та застосування позакорневих підживлень двічі препаратом Хелафіт комбо, що у подальшому вплинуло на формування продуктивності.

## 4.2 Річний фенологічний цикл розвитку рослин залежно від погодних умов

Кліматичні зміни останніх десятиліть істотно вплинули на структуру посівних площ півдня України. Нині перевага надається більш посухостійким культурам, здатним формувати стабільні врожаї в умовах дефіциту природного зволоження [1]. Отже, основний інтерес тут викликають ефіроолійні культури, які мають досить високу адаптивність до повітряної і ґрунтової посухи та невисокі вимоги до забезпечення вологою [16].

Сучасний стан ефіроолійної галузі потребує розширення площ під ефіроолійними культурами. Разом з тим, за рахунок зміни клімату спостерігається подовження вегетаційного періоду рослин, екстремальні умови зимового і ранньовесняного періодів, підвищення температури в літні місяці та посухи в південному регіоні. Також, спостерігається значне скорочення взимку днів зі снігом і морозом [15].

Зміна умов погодних умов навколишнього середовища визначає періодичність життєвих процесів рослин гісопу лікарського. Свиденко Л. В. та ін. [18] відмічають, що в умовах степової зони півдня України період вегетації гісопу лікарського першого року життя від посіву до дозрівання насіння складав 195 діб.

За даними Свиридовського та ін. [19] в умовах Південного Степу України рослини *Hyssopus officinalis* досягають 70–80 см висоти, 100–130 см в діаметрі куща. Стебла чотиригранні, при основі здерев'янілі. В кущі налічується до 100 квітконосних пагонів. На дослідних ділянках, де посів насіння проводиться весною (перша–друга декади квітня) на глибину 1,0–1,5 см, сходи з'являються через 14 днів (у роки з сухою весною сходи можуть з'являтися через 20–25 днів). Максимальний приріст рослин спостерігається у фазу бутонізації та у фазу початку цвітіння. Потім ріст рослин майже припиняється. Тривалість вегетаційного періоду в середньому 195 днів.

Аналіз наших спостережень за процесами росту і розвитку рослин гісопу лікарського показав, що терміни настання фаз росту і розвитку рослин і, як наслідок, тривалість вегетаційного періоду повністю залежали від погодних умов років досліджень.

Сприятливим за вологозабезпеченням і температурним режимом для росту і розвитку рослин гісопу лікарського визначено 2020 р. Весняне відновлення рослин розпочалося 20 – 21 березня, повне відростання відмічено на дослідних ділянках 1 червня, а масове цвітіння 14 – 17 червня залежно від варіанту досліду (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

**Дати настання фаз росту і розвитку рослин  
гісопу лікарського у 2020 р.**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Дата настання фаз росту і розвитку |                   |             |                 |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|
|                                 |                          | відновлення вегетації              | повне відростання | бутонізація | масове цвітіння |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 21.III                             | 1.VI              | 4.VI        | 15.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 21.III                             | 1.VI              | 4.VI        | 16.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 21.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 16.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 21.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 17.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 21.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 18.VI           |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 20.III                             | 1.VI              | 3.VI        | 13.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 20.III                             | 1.VI              | 4.VI        | 14.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 20.III                             | 1.VI              | 4.VI        | 15.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 20.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 15.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 20.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 16.VI           |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 19.III                             | 1.VI              | 4.VI        | 13.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 19.III                             | 1.VI              | 4.VI        | 14.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 19.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 14.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 19.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 15.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 19.III                             | 1.VI              | 5.VI        | 16.VI           |

Весна 2021 року характеризується як пізня, холодна та затяжна. За першим визначенням вологозапасів в ґрунті, яке було проведено 9 березня 2021 року, запаси продуктивної вологи у насадженнях ефіроолійних культур як в орному, так і в метровому шарах ґрунту відповідали достатнім та оптимальним показникам для даного ранньовесняного періоду. А саме, в орному шарі вони становили 26-34 мм, а в метровому – 101-134 мм. Достатнє та оптимальне зволоження верхніх шарів ґрунту, опади та помірні температури створювали задовільні умови для відростання рослин (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

**Дати настання фаз росту і розвитку рослин  
гісопу лікарського у 2021 р.**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Дата настання фаз росту і розвитку |                   |             |                 |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|
|                                 |                          | відновлення вегетації              | повне відростання | бутонізація | масове цвітіння |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 30.III                             | 10.VI             | 13.VI       | 26.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 30.III                             | 10.VI             | 14.VI       | 28.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 30.III                             | 10.VI             | 14.VI       | 27.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 30.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 28.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 30.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 29.VI           |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 28.III                             | 10.VI             | 13.VI       | 26.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 28.III                             | 10.VI             | 14.VI       | 27.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 28.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 27.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 28.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 28.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 28.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 28.VI           |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 27.III                             | 10.VI             | 13.VI       | 25.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 28.III                             | 10.VI             | 14.VI       | 25.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 28.III                             | 10.VI             | 14.VI       | 26.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 28.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 27.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 28.III                             | 10.VI             | 15.VI       | 27.VI           |

У квітні внаслідок низької відносної вологості повітря та суховійних явищ швидко висихали верхні шари ґрунту та ускладнювалися умови для росту гісопу лікарського. Незначні опади не пом'якшували дію засушливих явищ, тому у квітні включали краплинне зрошення. У середині місяця рослини вже остаточно відновили свою вегетацію і в них почалося відростання однорічних пагонів. Внаслідок випадання опадів різної інтенсивності у травні (загалом випало 110 мм) вологозабезпеченість ґрунту була доброю, такі умови сприяли подальшому росту й розвитку рослин. До середини червня, коли спостерігали початок цвітіння гісопу, випало 41 мм опадів у вигляді зливових дощів, тому ґрунт був насичений вологою, що позитивно впливало на розвиток рослин та формування майбутнього врожаю квіткові маси. До кінця червня, коли у насадженнях гісопу спостерігали масове цвітіння, випало ще 64 мм опадів.

Найбільш посушливим за роки досліджень було визнано 2022 р. За даними метеорологічних спостережень, упродовж вегетаційного періоду гісопу лікарського випало 276,3 мм опадів, основна частка яких випала у вересні 2022 р. Нерівномірність опадів та температурний режим мали визначальний вплив на терміни настання фаз росту і розвитку рослин гісопу лікарського і, як наслідок, формування ними вегетативної маси і накопичення ефірної олії.

Відновлення вегетації рослин гісопу лікарського відбулося 24 – 25 березня за рахунок достатньої кількості вологи у ґрунті (табл. 4.6).

Однак у подальшому передумови для росту й розвитку рослин були не досить сприятливими (недостатнє зволоження, відсутність опадів та суховійні явища). У квітні зберігалася переважно тепла погода, за винятком II декади, коли понижений температурний режим був характерним для кінця березня, але середня температура повітря була у межах норми. Опадів за квітень випало значно менше за норму. Внаслідок переважання у квітні сухої та часто вітряної погоди відбувалося пересихання верхніх шарів ґрунту, тому у квітні включали краплинне зрошення. У середині місяця рослини вже остаточно відновили свою вегетацію і в них почалося відростання однорічних пагонів.

Таблиця 4.6

**Дати настання фаз росту і розвитку рослин  
гісопу лікарського у 2022 р.**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Дата настання фаз росту і розвитку |                   |             |                 |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------|-------------|-----------------|
|                                 |                          | відновлення вегетації              | повне відростання | бутонізація | масове цвітіння |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 25.III                             | 24.IV             | 29.V        | 12.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 25.III                             | 24. IV            | 30.V        | 13.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 25.III                             | 24. IV            | 30.V        | 13.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 25.III                             | 24. IV            | 31.V        | 13.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 25.III                             | 24. IV            | 31.V        | 14.VI           |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 24.III                             | 24. IV            | 29.V        | 10.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 24.III                             | 24. IV            | 29.V        | 12.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 24.III                             | 24. IV            | 31.V        | 13.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 24.III                             | 24. IV            | 31.V        | 13.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 24.III                             | 24. IV            | 31.V        | 14.VI           |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 24.III                             | 24. IV            | 30.V        | 10.VI           |
|                                 | Квантум-технічні         | 24.III                             | 24. IV            | 30.V        | 10.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі            | 24.III                             | 24. IV            | 31.V        | 11.VI           |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 24.III                             | 24. IV            | 31.V        | 13.VI           |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 24.III                             | 24. IV            | 31.V        | 13.VI           |

Внаслідок дефіциту опадів з середини квітня та до середини травня (загалом випало 29 мм або 66 % норми) встановилася повітряна посуха, такі умови не сприяли подальшому росту й розвитку рослин. Однак до середини червня, коли спостерігали масове цвітіння гісопу, випало 44 мм опадів у вигляді зливових дощів, що позитивно вплинуло на насичення ґрунту вологою та на розвиток рослин і формування продуктивності.

Слід зазначити, що незалежно від погодних умов в роки досліджень, застосування мінеральних добрив та сучасних рістрегулюючих препаратів сприяло подовженню міжфазних періодів росту і розвитку рослин гісопу лікарського на 1-3 доби.

#### **4.3 Вплив оптимізації живлення на водоспоживання гісопу лікарського**

З кожним роком все більшого значення набувають лікарські та ароматичні рослини. Все більше людей віддають перевагу натуральним лікам, виготовленим із сировини вищезгаданих рослин, а не синтетичним препаратам. Тому попит на лікарські та ароматичні рослини на світовому ринку завжди стабільний і високий. Україна, як аграрна країна зі сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, має великі перспективи виходу на світовий ринок лікарських і ароматичних рослин [38].

У сучасному світі особливе наукове та практичне значення набуває комплексне вивчення ефіроолійних та лікарських рослин для пошуку нового ефективного використання їх ресурсного потенціалу. Особливо багаті на ефірні олії рослини родини Ясноткові або Губоцвіті (*Lamiaceae*) до яких відноситься й гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.). Відомо, що найбільшу кількість ефірної олії гісоп лікарський накопичує у листках та суцвіттях [22].

Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) – перспективна ефіроолійна, пряноароматична, лікарська рослина-інтродуцент, яку останнім часом культивують у різних регіонах України [12].

За останнє десятиріччя південні регіони, які в попереднє десятиріччя належали до середньопосушливих, перейшли в категорію сильно посушливих, а слабо зволожені – у середньопосушливі [20]. Дослідження показали, що зміна кліматичних показників впливає на ріст і розвиток лікарських рослин. Передбачається, що багато видів рослин відреагують зміною ареалу або зникнуть у найближчому майбутньому [35].

Відомо, що на урожайність та вміст біологічно активних речовин у лікарських рослинах впливають генетичні особливості рослин, агротехніка вирощування та погодні умови в період вегетації [6].

Однією з маловибагливих до умов навколишнього природного середовища культурою є гісоп лікарський. Рослина вирощується в переважній більшості у південних і західних регіонах України. Слід відмітити, що останніми роками, завдяки зміні кліматичних умов, площі під цією культурою зросли і поширилися в інших природно-кліматичних зонах держави [11]. Рослина є стійкою до посухи, має невисокі вимоги до забезпечення вологою та середні вимоги до теплового режиму, добре росте навіть на відносно бідних органічною речовиною та доступними елементами живлення ґрунтах, що робить її привабливою та перспективною у сучасних агрокліматичних умовах, що формуються в Україні в контексті глобального потепління клімату, а саме в умовах аридизації більшості регіонів [2, 10, 14].

Гісоп лікарський це посухостійка лікарська рослинами, яка невибаглива до тепла, а в умовах затінення його пагони витягуються, що призводить до зменшення розміру квіток, і, як наслідок, до зниження вмісту ефірної олії в них [21]. Це також підтверджують дослідження Ghanbari-Odivi та ін. [28].

Результати досліджень А'сімові'с та ін. [23] встановлено, що погоді умови в роки досліджень мали значний вплив на хімічний компонентний склад ефірної олії гісопу лікарського. Так, підвищення температури повітря мало позитивний вплив на пінокамфону та  $\beta$ -пінен, тоді як опади – навпаки, негативно впливали на накопичення зазначених речовин.

Гісоп лікарський – це типовий ксерофіт, що добре пристосований до посухи [30]. Стрес від посухи збільшує кількість ефіроолійних сполук (від 27 у нестресових рослин до 42 в умовах інтенсивного посушливого стресу). Крім того, за водного дефіциту зменшується вміст цис-пінокамфону ( $C_{10}H_{16}O$ ) [37]. У напівпосушливих умовах з річною кількістю опадів 300 – 400 мм вміст ізопінокамфону становив 19,8%, а пінокамфону – 17,2%, тоді як у зрошуваних умовах вміст обох сполук зростав до 23,6% і 18,5% відповідно

[33]. Однак за сильної посухи цитрулін може підвищувати вихід ізопінокамфону, тому він може бути новим метаболітом, що використовується для покращення якісних параметрів у технології вирощування гісопу лікарського [24].

За даними Samanu та ін. [36] у напівпосушливому та посушливому кліматі посуха та дефіцит води, як основні екологічні стреси, призводять до значних втрат продуктивності сільськогосподарських культур, в т.ч. і гісопу лікарського.

Нашими дослідженнями встановлено, що водний режим ґрунту під насадженнями гісопу лікарського залежав від факторів досліду і погодних умов року дослідження. Запаси вологи у ґрунті поповнювалися не лише завдяки атмосферним опадам, а й за рахунок проведення поливів у роки досліджень, але їх витрати на формування продуктивності рослин різнилися. При цьому, динаміка вологості ґрунту під насадженнями у всі роки визначення мала однакову закономірність. Так, основна кількість вологи у ґрунті накопичувалася в осінньо-зимовий період і на початок весняного відростання рослин гісопу лікарського її було найбільше у ґрунті. Після чого кількість вологи у ґрунті поступово знижувалася до фази масового цвітіння гісопу лікарського, що пояснюється її витрачанням на формування продуктивності культури. Дослідженнями встановлено, що у варіантах оптимізації живлення рослин гісопу лікарського витрати вологи за вегетаційний період зростали (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Вплив оптимізації живлення насаджень гісопу лікарського першого року  
використання (2020 р.) на водний баланс**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Запаси вологи у шарі 0-100 см, м <sup>3</sup> /га |                  | Опади, м <sup>3</sup> /га | Поливи, м <sup>3</sup> /га | Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га |
|---------------------------------|--------------------------|---|------------------|---------------------------|----------------------------|--|
|                                 |                          | на початок весняного відростання рослин           | під час збирання |                           |                            |  |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 943   | 763              | 2180                      | 150                        | 2510                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 943   | 645              | 2180                      | 150                        | 2628                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 943   | 638              | 2180                      | 150                        | 2635                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 943   | 631              | 2180                      | 150                        | 2642                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 943   | 624              | 2180                      | 150                        | 2649                                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 943   | 750              | 2180                      | 150                        | 2623                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 943   | 639              | 2180                      | 150                        | 2634                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 943   | 632              | 2180                      | 150                        | 2641                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 943   | 625              | 2180                      | 150                        | 2648                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 943   | 616              | 2180                      | 150                        | 2657                                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 943   | 734              | 2180                      | 150                        | 2639                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 943   | 619              | 2180                      | 150                        | 2654                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 943   | 595              | 2180                      | 150                        | 2678                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 943   | 572              | 2180                      | 150                        | 2701                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 943   | 559              | 2180                      | 150                        | 2714                                       |

Так, у перший рік використання насаджень культури, у середньому по варіантах позакореневого підживлення, за внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{45}$  під час збирання врожаю гісопу лікарського у шарі ґрунту 0 – 100 см залишилося 652,4 мм доступної вологи, а за внесення  $N_{90}P_{90}$  – 615,8 мм, що менше порівняно до контролю відповідно на 7,8 та 44,4 мм або на 1,2 та 6,7%.

Застосування сучасних рістрегулюючих препаратів для позакореневого підживлення насаджень в період вегетації практично не впливало на витрачання вологи з ґрунту і запаси доступної вологи в ньому на час збирання гісопу лікарського склали 616,0 – 639,0 мм залежно від варіанту підживлення по фоні внесення  $N_{45}P_{45}$  та 559,0 – 619,0 мм по фоні внесення  $N_{90}P_{90}$ , що менше порівняно до контрольного варіанту дослідів на 16,3 – 19,3 та на 23,2 – 26,7% відповідно.

За використання насаджень гісопу лікарського на другий рік вирощування запаси вологи у ґрунті на період весняного відростання рослин склали 1340 мм, а на час збирання врожаю 760 – 945 мм залежно від варіанту дослідів (табл. 4.8).

Найбільше вологи на формування продуктивності рослин гісопу лікарського другого року використання витрачали за варіанту сумісного використання мінеральних добрив та позакореневого підживлення посівів двічі у період вегетації препаратом Хелафіт комбі. Так, залежно від дози мінеральних добрив на даному варіанті позакореневого підживлення запаси залишкової доступної вологи у ґрунті склали 760 – 793 мм, що менше за контрольний варіант дослідів на 152 – 185 мм або на 16,1 – 19,6%.

Така ж тенденція спостерігалася і за використання насаджень гісопу лікарського третього року (табл. 4.9).

Таблиця 4.8

**Запаси вологи та сумарне водоспоживання насаджень гісопу  
лікарського другого року використання (2021 р.)**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Запаси вологи у шарі 0-100 см, м <sup>3</sup> /га |                  | Опади, м <sup>3</sup> /га | Поливи, м <sup>3</sup> /га | Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га |
|---------------------------------|--------------------------|---|------------------|---------------------------|----------------------------|--|
|                                 |                          | на початок весняного відростання рослин           | під час збирання |                           |                            |  |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 1340  | 945              | 3730                      | 100                        | 4225                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 1340  | 828              | 3730                      | 100                        | 4342                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 1340  | 810              | 3730                      | 100                        | 4350                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 1340  | 801              | 3730                      | 100                        | 4369                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 1340  | 785              | 3730                      | 100                        | 4385                                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 1340  | 930              | 3730                      | 100                        | 4240                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 1340  | 819              | 3730                      | 100                        | 4351                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 1340  | 807              | 3730                      | 100                        | 4363                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 1340  | 801              | 3730                      | 100                        | 4369                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 1340  | 793              | 3730                      | 100                        | 4277                                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 1340  | 797              | 3730                      | 100                        | 4373                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 1340  | 790              | 3730                      | 100                        | 4380                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 1340  | 783              | 3730                      | 100                        | 4387                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 1340  | 779              | 3730                      | 100                        | 4391                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 1340  | 760              | 3730                      | 100                        | 4410                                       |

Таблиця 4.9

**Вплив оптимізації живлення насаджень гісопу лікарського третього року використання (2022 р.) на запаси продуктивної вологи в ґрунті та сумарне**

**водоспоживання**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Запаси вологи у шарі 0-100 см, м <sup>3</sup> /га |                  | Опади, м <sup>3</sup> /га | Поливи, м <sup>3</sup> /га | Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га |
|---------------------------------|--------------------------|---|------------------|---------------------------|----------------------------|--|
|                                 |                          | на початок весняного відростання рослин           | під час збирання |                           |                            |  |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 970   | 528              | 1440                      | 300                        | 2182                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 970   | 401              | 1440                      | 300                        | 2309                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 970   | 487              | 1440                      | 300                        | 2223                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 970   | 488              | 1440                      | 300                        | 2222                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 970   | 475              | 1440                      | 300                        | 2235                                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 970   | 502              | 1440                      | 300                        | 2208                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 970   | 371              | 1440                      | 300                        | 2339                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 970   | 376              | 1440                      | 300                        | 2334                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 970   | 348              | 1440                      | 300                        | 2362                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 970   | 254              | 1440                      | 300                        | 2456                                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 970   | 453              | 1440                      | 300                        | 2257                                       |
|                                 | Квантум-технічні         | 970   | 275              | 1440                      | 300                        | 2435                                       |
|                                 | Хелафіт комбі            | 970   | 269              | 1440                      | 300                        | 2441                                       |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 970   | 250              | 1440                      | 300                        | 2460                                       |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 970   | 233              | 1440                      | 300                        | 2477                                       |

Так, найменше вологи у ґрунті під час збирання культури було відмічено у варіанті сумісного використання мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  та позакореневого підживлення посівів двічі препаратом Хелафіт комбі – 233 мм, що менше порівняно з іншими варіантами дослідів на 17 - 295 мм або на 6,8 – 55,9%.

Слід зазначити, що найбільш інтенсивне витрачання вологи за період вегетації визначено за використання насаджень третього року використання. Так, у середньому по варіантам дослідів, перед збиранням врожаю гісопу лікарського в метровому шарі ґрунту залишилося 381 мм доступної вологи, що менше порівняно із її вмістом на період весняного відростання рослин на 589 мм або на 60,7%, що пояснюється активним ростом і розвитком культури в період вегетації.

Вологозабезпечення рослин гісопу лікарського в період вегетації суттєво варіювало залежно від кількості атмосферних опадів. Тому, коригування вологозапасів відбувалося за допомогою дотримання режиму зрошення 80-70-70%. Так, у перший рік використання насаджень полива норма була на рівні 150 м<sup>3</sup>/га, на другий рік – 100 м<sup>3</sup>/га, а на третій рік використання насаджень гісопу лікарського вона була найбільшою – 300 м<sup>3</sup>/га.

Загальновідомо, що основним лімітуючим фактором одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур в умовах півдня України є волога. Тому, визначення рівня водоспоживання насаджень гісопу лікарського за період вегетації та розробка заходів, які забезпечать ефективне використання ґрунтової вологи і вологи опадів є важливим і актуальним на даний час.

Нашими дослідженнями встановлено, що сумарне водоспоживання гісопу лікарського істотно різнилося за роками використання насаджень культури. Так, найвищим сумарне водоспоживання насаджень гісопу лікарського було визначено у другий рік використання насаджень – у середньому за варіантами дослідів 4347,5 м<sup>3</sup>/га, що перевищило показники

першого та третього року використання насаджень на 1704,0 – 2018,2 м<sup>3</sup>/га або на 39,2 – 46,4%.

При цьому, незалежно від року вирощування культури найбільшими показники сумарного водоспоживання були відмічені за використання для позакореневого підживлення насаджень рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препарату Хелафіт комбі по фоні внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> – 2477 - 4410 м<sup>3</sup>/га залежно від року використання насаджень (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

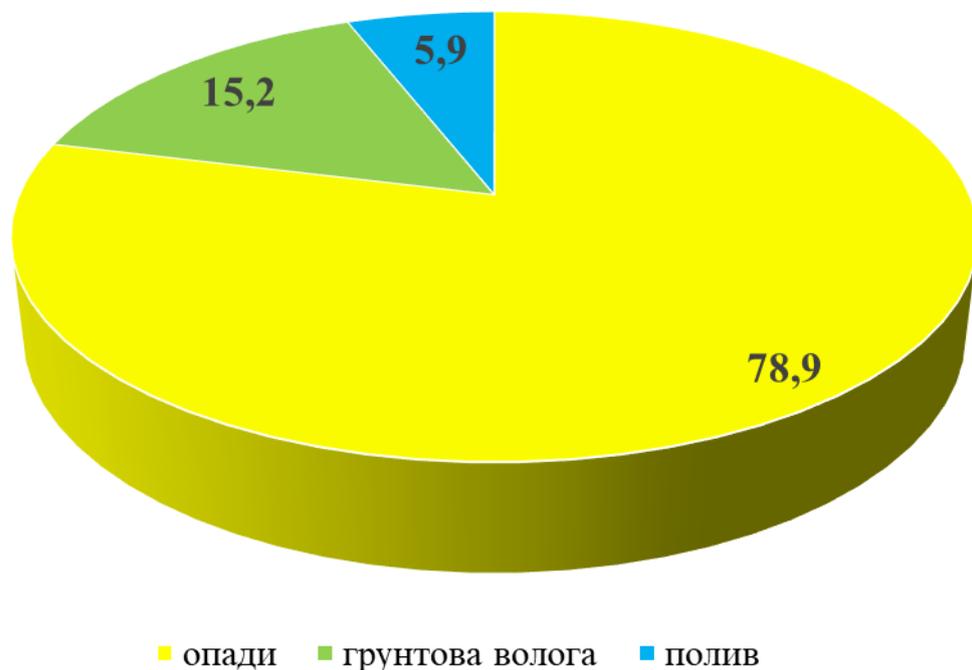
**Сумарне водоспоживання та його баланс за вирощування гісопу  
лікарського (середнє за 2020 – 2022 рр.)**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Сумарне водоспоживання, м <sup>3</sup> /га | Складові сумарного водоспоживання |      |                             |      |                    |     |
|---------------------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|------|-----------------------------|------|--------------------|-----|
|                                 |                          |  | грунтова волога                   |      | опади вегетаційного періоду |      | поливи             |     |
|                                 |                          |  | м <sup>3</sup> /га                | %    | м <sup>3</sup> /га          | %    | м <sup>3</sup> /га | %   |
| Контроль                        | Контроль (обробка водою) | 2972                                       | 339                               | 11,4 | 2450                        | 82,4 | 183                | 6,2 |
|                                 | Квантум-технічні         | 3093                                       | 459                               | 14,9 | 2450                        | 79,2 | 183                | 5,9 |
|                                 | Хелафіт комбі            | 3069                                       | 439                               | 14,3 | 2450                        | 79,8 | 183                | 5,9 |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 3078                                       | 444                               | 14,4 | 2450                        | 79,6 | 183                | 6,0 |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 3090                                       | 456                               | 14,8 | 2450                        | 79,3 | 183                | 5,9 |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль (обробка водою) | 3024                                       | 391                               | 12,9 | 2450                        | 81,0 | 183                | 6,1 |
|                                 | Квантум-технічні         | 3108                                       | 474                               | 15,3 | 2450                        | 78,8 | 183                | 5,9 |
|                                 | Хелафіт комбі            | 3113                                       | 479                               | 15,4 | 2450                        | 78,7 | 183                | 5,9 |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 3126                                       | 493                               | 15,8 | 2450                        | 78,4 | 183                | 5,8 |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 3130                                       | 530                               | 16,9 | 2450                        | 78,3 | 183                | 5,8 |

## Продовження таблиці 4.10

| 1                               | 2                        | 3    | 4   | 5    | 6    | 7    | 8   | 9   |
|---------------------------------|--------------------------|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль (обробка водою) | 3090 | 423 | 13,7 | 2450 | 79,3 | 183 | 6,0 |
|                                 | Квантум-технічні         | 3156 | 523 | 16,6 | 2450 | 77,6 | 183 | 5,8 |
|                                 | Хелафіт комбі            | 3169 | 535 | 16,9 | 2450 | 77,3 | 183 | 5,8 |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 3184 | 550 | 17,3 | 2450 | 76,9 | 183 | 5,8 |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 3200 | 567 | 17,7 | 2450 | 76,6 | 183 | 5,7 |

У балансі сумарного водоспоживання на частку опадів, у середньому по рокам та по варіантам дослідів, припадало 78,9%, на ґрунтову вологу – 15,2%, а на поливи – 5,9% (рис. 4.1).



**Рис. 4.1.** Складові сумарного водоспоживання гісопу лікарського (середнє за 2020 – 2022 рр. та по факторам дослідів), %

Між продуктивністю рослин гісопу лікарського і вологозабезпеченням насаджень існує прямо пропорційна залежність. Урожайність сільськогосподарських культур, зокрема гісопу лікарського, підвищується за

умови достатньої кількості ґрунтової вологи, що забезпечується в тому числі й опадами вегетаційного періоду. Слід відмітити, що опади весняно – літнього періоду ефективні лише на 25 – 30% за рахунок їх швидкого випаровування. Тому, в основному, вологозапаси ґрунту формуються за рахунок опадів осінньо – зимового періоду. Нашими дослідженнями встановлено, що за оптимізації системи живлення ефективність використання вологи рослинами гісопу лікарського на формування продуктивності підвищується незалежно від року вирощування (табл. 4.11).

Таблиця 4.11

**Коефіцієнт водоспоживання гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення, м<sup>3</sup>/т**

| Доза добрив                       | Позакореневе підживлення |                  |               |                          |                       |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
|                                   | контроль (обробка водою) | Квантум-технічні | Хелафіт комбі | Квантум-технічні (двічі) | Хелафіт комбі (двічі) |
| Перший рік використання (2020 р.) |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                          | 1146,1                   | 969,7            | 875,4         | 836,1                    | 805,2                 |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 720,6                    | 621,2            | 572,9         | 527,5                    | 505,1                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 555,6                    | 512,4            | 459,3         | 446,4                    | 438,4                 |
| Другий рік використання (2021 р.) |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                          | 803,2                    | 739,7            | 733,6         | 713,9                    | 667,4                 |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 751,8                    | 671,5            | 636,9         | 623,3                    | 556,2                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 724,0                    | 629,3            | 599,3         | 587,0                    | 550,6                 |
| Третій рік використання (2022 р.) |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                          | 440,8                    | 418,3            | 372,9         | 365,5                    | 297,6                 |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 385,3                    | 339,5            | 323,7         | 322,8                    | 281,4                 |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 271,9                    | 260,4            | 256,9         | 256,0                    | 247,5                 |

У середньому за роки використання насаджень гісопу лікарського, найменшим коефіцієнтом водоспоживання рослин гісопу лікарського

характеризувався варіант позакореневого підживлення насаджень двічі за період вегетації препаратом Хелафіт комбі по фоні внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  – 412,2 м<sup>3</sup>/т, що менше порівняно до контрольного варіанту досліді на 384,5 м<sup>3</sup>/т або на 48,3%. Це свідчить про здатність рослин гісопу лікарського за даного варіанту досліді найбільш ефективно використовувати вологу на формування продуктивності.

Нашими дослідженнями також визначено, що найбільш ефективно витрачали вологу на створення урожайності рослини гісопу лікарського третього року використання. Так, коефіцієнт водоспоживання, у середньому по варіантах досліді, у 2022 р. склав 322,7 м<sup>3</sup>/т, що менше порівняно з першим (2020 р.) та другим (2021 р.) роком використання насаджень гісопу лікарського на 51,5 – 52,6%.

Отже, можна зробити висновок, що за оптимізації живлення гісопу лікарського, особливо на третій рік використання насаджень, рослини більш ефективно витрачають вологу на формування продуктивності, що є особливо важливим в умовах посушливого півдня України.

#### **4.4 Морфометричні та кількісні показники продуктивності рослин гісопу лікарського**

В умовах глобальних змін клімату важливим завданням сьогодення у всьому світі є збагачення та збереження фіторізноманіття. Збагатити біологічне різноманіття рослин, розширити асортимент цінних рослин можливо за рахунок інтродукції та введення в культуру нових нетрадиційних малопоширених видів, в тому числі і гісопу лікарського [19].

Гісоп лікарський – багаторічні полікарпічні рослини, які упродовж першого року життя формують один вегетативно - генеративний пагін, успішно перезимовують, на другий і наступні роки життя формують велику кількість пагонів [31].

Кількість отриманої рослинної сировини та вихід ефірної олії з гектару площі посіву гісопу лікарського визначається габітусом рослин (висота, діаметр куща, кількість пагонів першого та другого порядку та ін.).

За результатами наших досліджень встановлено, що мінеральні добрива та сучасні рістрегулюючі препарати суттєво впливали на висоту рослин гісопу лікарського насаджень першого – третього року використання. Так, максимальною висота рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння за використання насаджень першого року була визначена за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі в період вегетації позакореневих підживлень препаратом Хелафіт комбі – 55,9 – 59,4 см залежно від року досліджень, що перевищило показники контрольного варіанту досліду на 30,7 – 31,3 см або на 51,7 – 55,6% (табл. 4.12).

Дещо меншою порівняно до варіанту внесення  $N_{90}P_{90}$  була висота рослин гісопу лікарського за використання мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{45}$  – на 13,4 см або на 25,7% у середньому за роки досліджень і по фактору позакореневого підживлення.

Висота рослин гісопу лікарського насаджень другого року використання також зберігала тенденцію до формування найбільших показників за внесення максимальної дози мінеральних добрив –  $N_{90}P_{90}$  (табл. 4.13).

Таблиця 4.12

**Вплив оптимізації живлення на висоту рослин гісопу лікарського  
першого року використання на початку фази цвітіння, см**

| Доза<br>добрив  | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|---|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|   | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2020 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 26,3                           | 30,1                 | 32,7             | 35,0                            | 36,9                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 31,5                           | 36,7                 | 39,9             | 42,4                            | 45,3                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 44,2                           | 49,2                 | 53,0             | 55,7                            | 58,6                        |
| 2021 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 28,7                           | 32,6                 | 35,2             | 35,8                            | 38,2                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 34,9                           | 39,5                 | 42,9             | 43,4                            | 46,0                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 45,4                           | 52,3                 | 56,4             | 57,2                            | 59,4                        |
| 2022 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 24,8                           | 29,3                 | 30,4             | 32,0                            | 33,4                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 28,5                           | 32,6                 | 36,7             | 38,5                            | 40,7                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 41,4                           | 47,1                 | 51,2             | 52,6                            | 55,9                        |
| середнє за 2020 – 2022 рр.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 26,6                           | 30,7                 | 32,8             | 34,3                            | 36,2                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 31,6                           | 36,3                 | 39,8             | 41,4                            | 44,0                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 43,7                           | 49,5                 | 53,5             | 55,2                            | 58,0                        |
| НІР <sub>05</sub> , см фактор А – 0,093 – 0,102;<br>фактор В – 0,098-0,194;<br>взаємодія АВ – 0,005-0,109 |                                |                      |                  |                                 |                             |

Таблиця 4.13

**Висота рослин гісопу лікарського другого року використання  
на початку фази цвітіння, см**

| Доза<br>добрив  | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|---|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|   | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2021 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 35,6                           | 40,4                 | 43,6             | 43,9                            | 45,6                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 42,6                           | 48,5                 | 52,3             | 52,6                            | 54,7                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 56,9                           | 64,6                 | 69,7             | 70,2                            | 72,9                        |
| 2022 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 34,2                           | 38,8                 | 41,9             | 42,2                            | 43,8                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 41,0                           | 46,6                 | 50,3             | 50,6                            | 52,6                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 54,7                           | 62,1                 | 67,0             | 67,5                            | 70,1                        |
| середнє за 2021 – 2022 рр.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 34,9                           | 39,6                 | 42,8             | 43,1                            | 44,7                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 41,8                           | 47,6                 | 51,3             | 51,6                            | 53,6                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 55,8                           | 63,4                 | 68,4             | 68,9                            | 71,5                        |
| НІР <sub>05</sub> , см фактор А – 0,158-0,166;<br>фактор В – 0,196-0,249;<br>взаємодія АВ – 0,147-0,151 |                                |                      |                  |                                 |                             |

Так, за даного варіанту дослідів, в середньому за 2021 – 2022 рр. та по фактору позакореневого підживлення висота рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння була на рівні 65,6 см, що перевищило лінійні розміри рослин гісопу лікарського насаджень другого року використання за внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> на 16,4 см або на 25,0%, а висоту рослин варіанту без внесення мінеральних добрив на 24,6 см або на 37,5%.

Застосування сучасних рістрегулюючих препаратів для підживлення рослин гісопу лікарського в період вегетації також позитивно позначалося на

формуванні лінійних розмірів рослин. Так, у середньому за роки досліджень та по фактору застосування мінеральних добрив, насаджень другого року використання мали висоту рослин гісопу лікарського на рівні 50,2 – 54,2 см за обробки посівів препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі один раз у фазу гілкування, що перевищило показники контролю на 6,0 – 10,0 см або на 12,0 – 18,5%.

Дещо більші лінійні розміри рослин гісопу лікарського насаджень другого року використання були відмічені за дворазової обробки рослин (у фазу гілкування та бутонізації) препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі – відповідно 54,5 та 56,6 см, що більше за висоту рослин контрольного варіанту досліді на 10,3 – 12,4 см або на 18,9 – 21,9%, а варіантів застосування позакореневого підживлення лише у фазу гілкування – на 2,4 – 4,3 см або на 4,2 – 7,9%.

Слід відмітити, що незалежно від року використання насаджень, найвищими рослини гісопу лікарського на початку фази цвітіння були за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та дворазової обробки насаджень у період вегетації препаратом Хелафіт комбі. Так, рослини третього року використання за даного варіанту досліді мали висоту 87,5 см, що перевищило показники контролю на 39,6 см або на 45,3% (табл. 4.14).

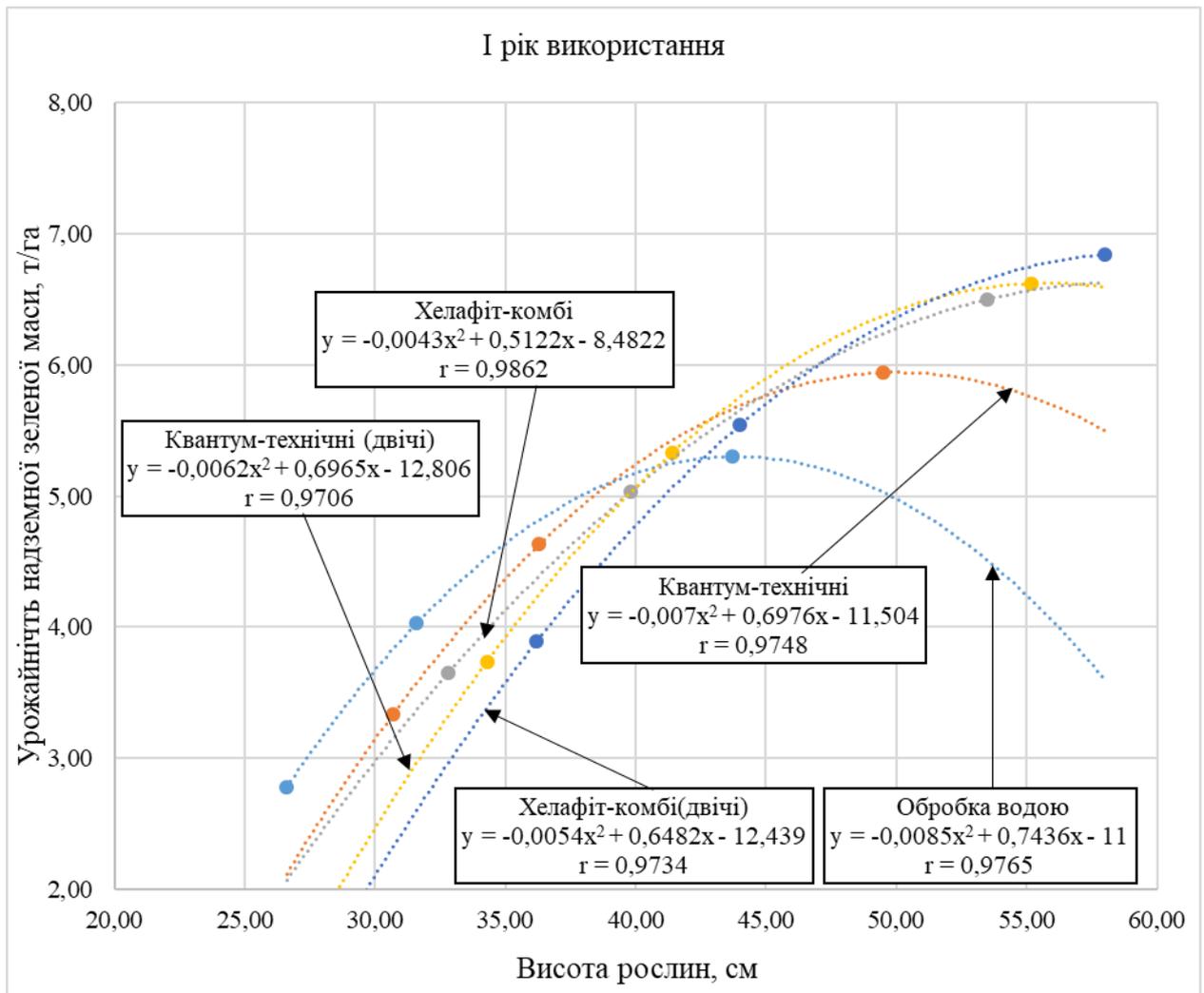
В результаті проведення дисперсійного аналізу результатів досліджень впливу позакореневого підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами на фоні застосування різних норм добрив на формування висоти рослин гісопу лікарського встановлено, що всі фактори досліді та варіанти їх взаємодії мають значущість. При цьому, найбільший вплив (55,01%) на формування висоти рослин гісопу лікарського чинив Фактор А – доза добрив ( $HP_{05} A = 0,093 \dots 0,166$  залежно від року використання). На другому місці (23,35%) за впливом в досліді виявилася взаємодія факторів АВ (доза добрив та позакореневе підживлення). На третьому місці за впливом (16,06%) Фактор В – позакореневе підживлення ( $HP_{05} B = 0,194 \dots 0,249$  залежно від року використання).

Таблиця 4.14

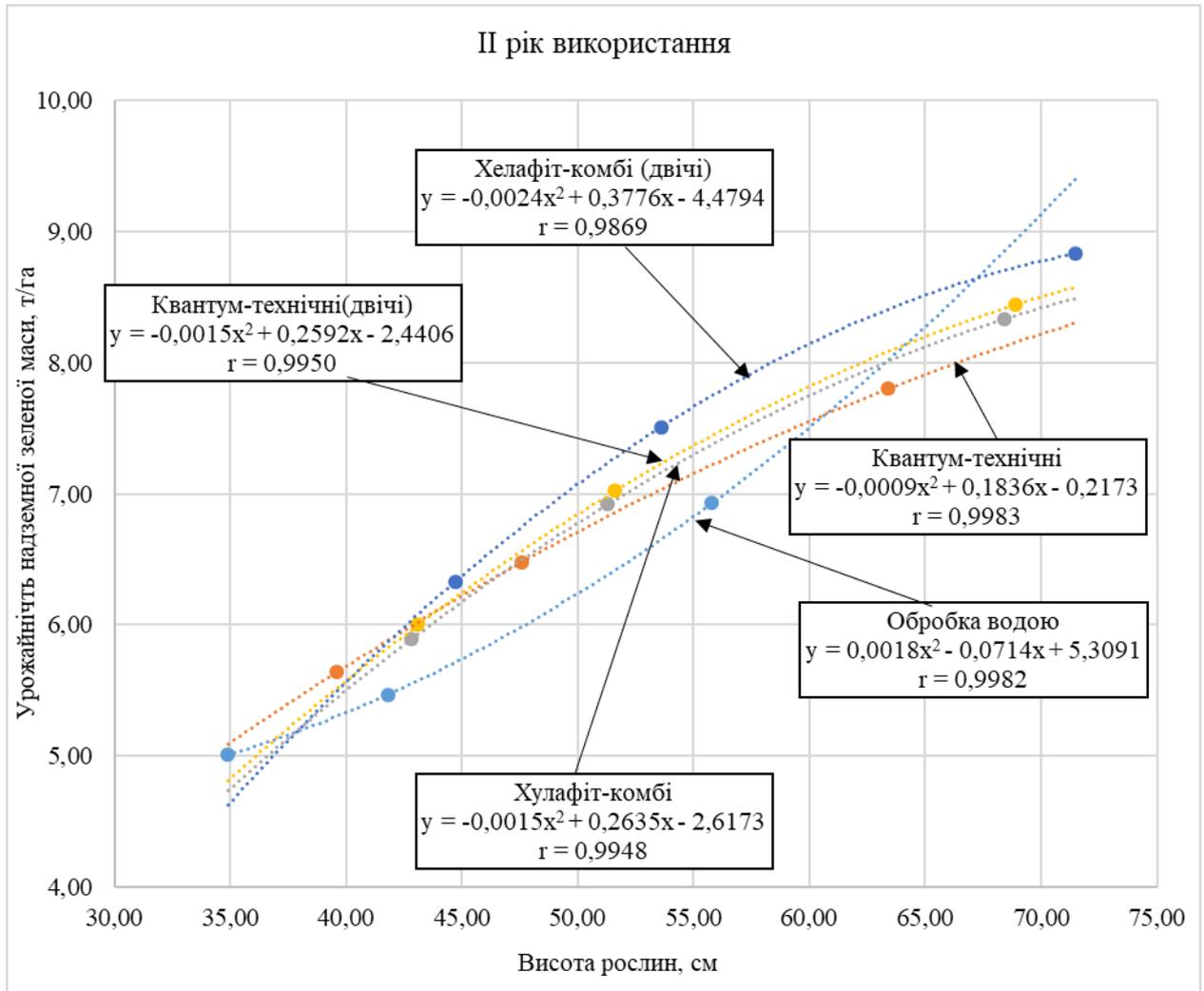
**Морфометричні показники рослин гісопу лікарського третього року  
використання на початку фази цвітіння (2022 р.)**

| Доза<br>добрив                    | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                                   | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| висота рослин, см                 |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 47,9                           | 55,2                 | 58,0             | 58,4                            | 60,3                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 55,8                           | 62,9                 | 66,2             | 66,9                            | 68,8                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 69,4                           | 80,1                 | 84,5             | 85,0                            | 87,5                        |
| кількість пагонів I порядку, шт.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 7                              | 10                   | 11               | 14                              | 14                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 10                             | 12                   | 14               | 16                              | 18                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 14                             | 15                   | 17               | 20                              | 21                          |
| кількість пагонів II порядку, шт. |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 19                             | 24                   | 36               | 40                              | 45                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 29                             | 32                   | 43               | 48                              | 55                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 41                             | 49                   | 54               | 57                              | 62                          |

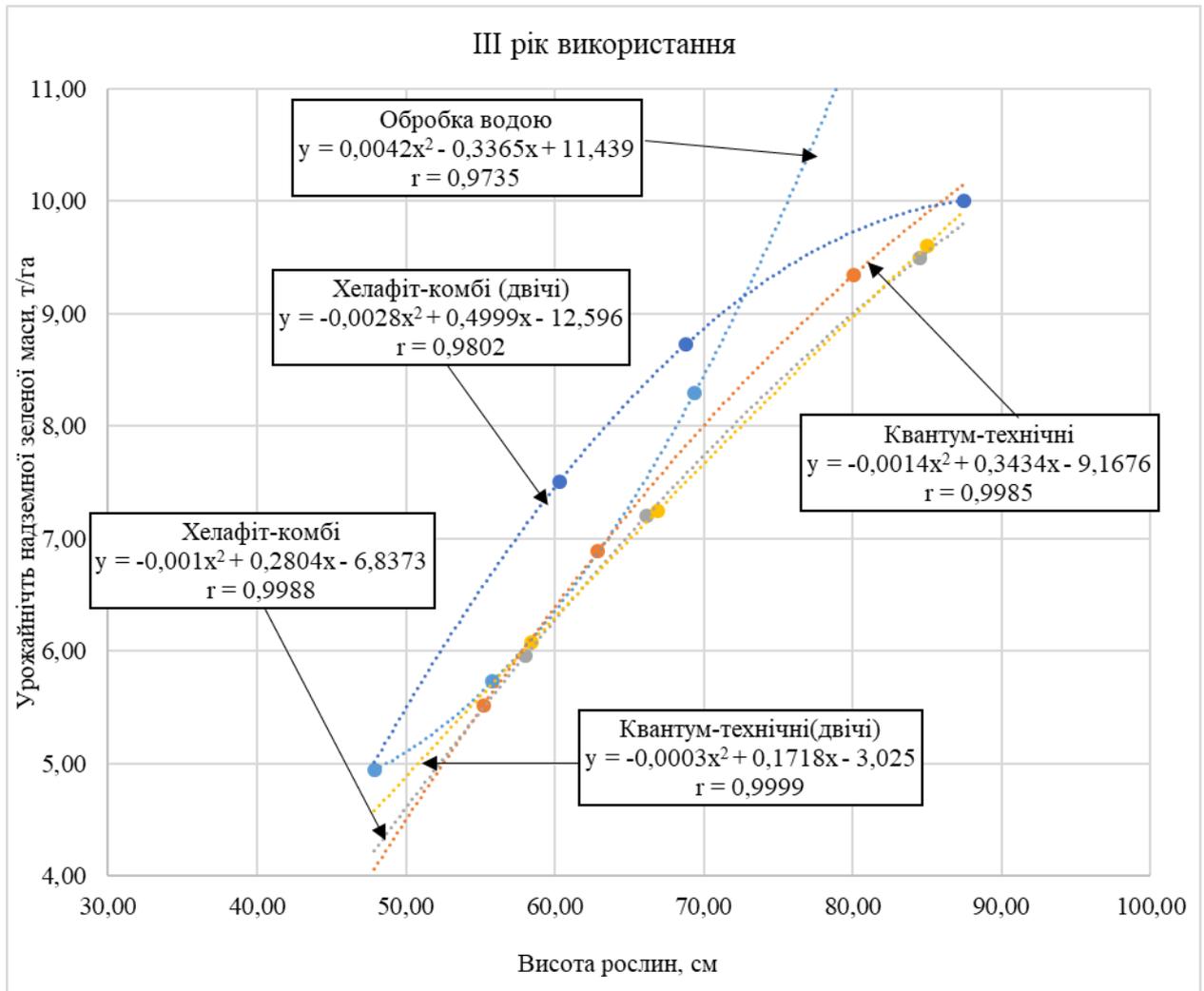
За результатами проведених нами досліджень було побудовано кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського на фоні різних норм застосування добрив і позакореневого підживлення посівів (рис. 4.2; 4.3; 4.4).



**Рис. 4.2.** Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського першого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами



**Рис. 4.3. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського другого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами**



**Рис. 4.4. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від висоти рослин гісопу лікарського третього року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами**

Встановлено, що між висотою рослин гісопу лікарського та врожайністю надземної зеленої маси на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами упродовж трьох років використання існує сильний кореляційний зв'язок. Рівняння залежності врожайності надземної зеленої

маси від висоти рослин носить поліномний характер і у загальному вигляді має вид:

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$$

де  $y$  – урожайність надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського, т/га

$x$  – висота рослин гісопу лікарського, см

$a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти, що залежать від норми внесення добрив, особливостей сучасних рістрегулюючих препаратів та кратності позакореневих підживлень.

Коефіцієнт кореляції між висотою рослин гісопу лікарського та врожайністю надземної зеленої маси на першому році використання залежно від застосованих сучасних рістрегулюючих препаратів та кратності їх використання коливається від 0,9706 до 0,9862 (рис. 4.2), на другому році використання – від 0,9869 до 0,9983 (рис. 4.3), на третьому році використання – від 0,9735 до 0,9999 (рис. 4.4), що свідчить про дуже сильний кореляційний зв'язок між зазначеними показниками.

Аналіз кореляційно-регресійних моделей свідчить про те, що під впливом підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами на фоні застосування різних норм добрив відбувається збільшення висоти рослин. Найшвидші темпи збільшення висоти та врожайності надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського у порівнянні із контрольним варіантом (обробка водою) відбувалися за двократного позакореневого підживлення препаратом Хелафіт-комбі. При цьому застосування добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  дозволило значно прискорити темпи збільшення висоти рослин, що в свою чергу сприяло наростанню надземної зеленої маси.

Аналіз морфометричних показників рослин гісопу лікарського свідчить, що утворення пагонів першого та другого порядків, а також діаметр куща рослин першого – третього року використання насаджень, насамперед, залежало від застосування мінеральних добрив та позакореневих підживлень рослин у період вегетації сучасними рістрегулюючими препаратами. Так, у

рослин першого року використання було сформовано, у середньому за 2020 – 2022 рр., 5 – 18 пагонів першого порядку та 7 – 42 пагони другого порядку (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

**Вплив оптимізації живлення на кількість пагонів гісопу лікарського першого року використання на початку фази цвітіння (середнє за 2020 – 2022 р.), шт./1рослину**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення |                  |               |                          |                       |
|---------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
|                                 | контроль (обробка водою) | Квантум-технічні | Хелафіт комбі | Квантум-технічні (двічі) | Хелафіт комбі (двічі) |
| <b>I порядок</b>                |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 5                        | 7                | 9             | 10                       | 11                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 7                        | 10               | 13            | 15                       | 16                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 10                       | 12               | 17            | 17                       | 18                    |
| <b>II порядок</b>               |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 7                        | 13               | 18            | 21                       | 27                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 16                       | 21               | 30            | 33                       | 38                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 22                       | 28               | 36            | 38                       | 42                    |

Така ж тенденція щодо формування вегетативно – генеративних пагонів гісопу лікарського спостерігалася й у насаджень другого року використання (табл. 4.16).

При цьому, слід відмітити, що найбільшою кількістю пагонів першого та другого порядків, незалежно від року використання насаджень, була за сумісного використання мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та проведення двічі позакореневих підживлень препаратом Хелафіт комбі. Так, за даного варіанту досліду рослинами першого року використання було сформовано 18 пагонів першого порядку та 42 пагони другого порядку, що перевищило показники контролю на 13 та 35 пагонів відповідно.

Таблиця 4.16

**Кількість пагонів гісопу лікарського другого року використання на початку фази цвітіння (середнє за 2021 – 2022 р.), шт./1рослину**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення |                  |               |                          |                       |
|---------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
|                                 | контроль (обробка водою) | Квантум-технічні | Хелафіт комбі | Квантум-технічні (двічі) | Хелафіт комбі (двічі) |
| <b>I порядок</b>                |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 6                        | 9                | 9             | 10                       | 11                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 8                        | 11               | 12            | 14                       | 15                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 12                       | 14               | 14            | 16                       | 18                    |
| <b>II порядок</b>               |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 18                       | 23               | 34            | 38                       | 43                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 28                       | 30               | 41            | 46                       | 52                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 39                       | 47               | 51            | 54                       | 59                    |

Рослини гісопу лікарського другого року використання насаджень за внесення N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> і обробки рослин двічі Хелафітом комбі мали 18 пагонів першого порядку та 59 пагонів другого порядку, що перевищило абсолютний контроль досліду на 12 та 41 пагін відповідно.

Дещо більшу кількість пагонів, незалежно від варіанту досліду, утворювали рослини гісопу лікарського насаджень третього року використання. Так, у середньому по варіантам досліду, на 1 рослині налічувалося 14 пагонів першого порядку та 42 пагони другого порядку, що було більше ніж у рослин першого року використання насаджень гісопу лікарського відповідно на 3 та 16 шт. або на 21,4 та 38,1%, а рослин другого року – на 2 шт., або на 14,3 та 4,8% (табл. 4.17).

Таблиця 4.17

**Кількість пагонів гісопу лікарського третього року використання  
(2022 р.) на початку фази цвітіння, шт./1рослину**

| Доза<br>добрив                  | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                                 | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| І порядок                       |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 7                              | 10                   | 11               | 14                              | 14                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 10                             | 12                   | 14               | 16                              | 18                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 14                             | 15                   | 17               | 20                              | 21                          |
| II порядок                      |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 19                             | 24                   | 36               | 40                              | 45                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 29                             | 32                   | 43               | 48                              | 55                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 41                             | 49                   | 55               | 57                              | 62                          |

Слід відмітити, що як і в попередні роки, рослини третього року використання насаджень найбільше пагонів першого та другого порядків утворювали за сумісного використання мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та позакоренових підживлень насаджень Хелафітом комбі – 21 та 62 пагони відповідно.

Встановлено, що між кількістю пагонів I та II порядків рослин гісопу лікарського та урожайністю надземної зеленої маси на фоні різних норм застосування добрив і позакоренового підживлення біопрепаратами протягом 3 років використання наявний кореляційний зв'язок (рис. 4.5 – 4.10).

Рівняння залежності урожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів I та II порядків є поліномом:

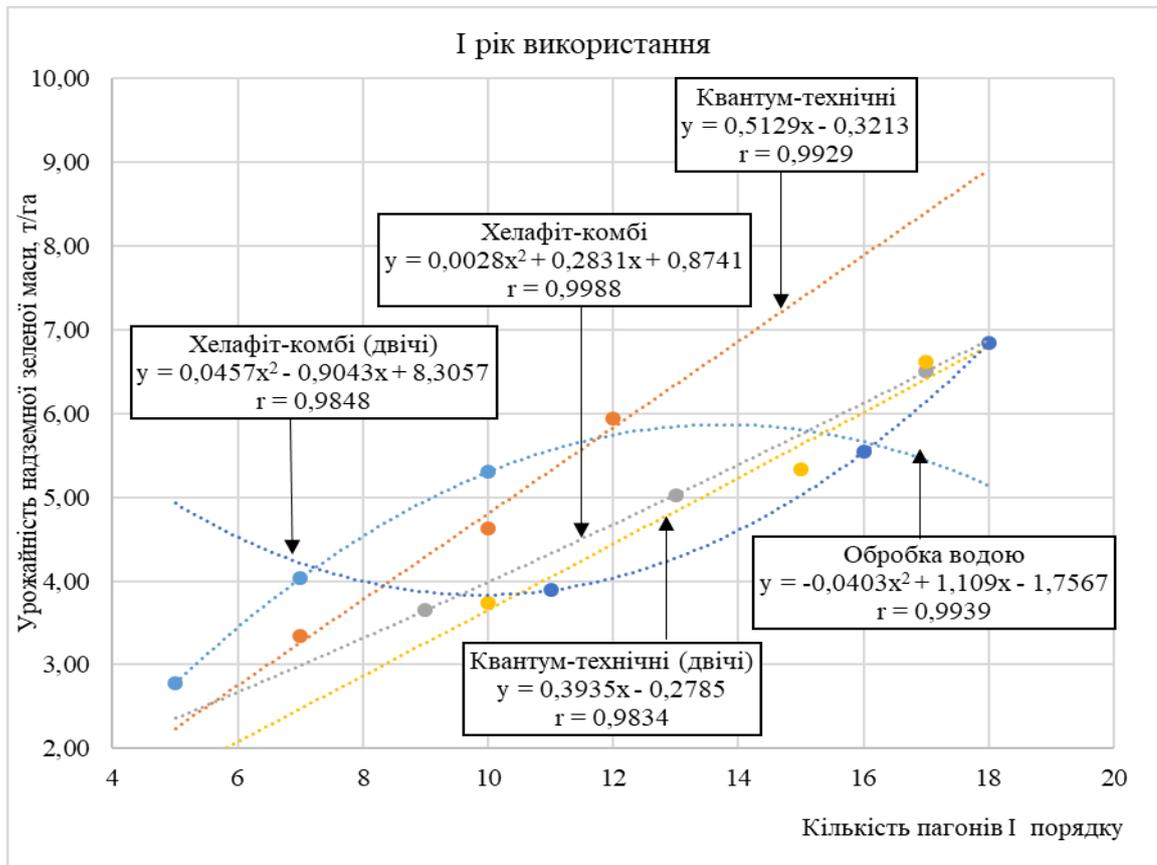
$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$$

де  $y$  – урожайність надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського, т/га

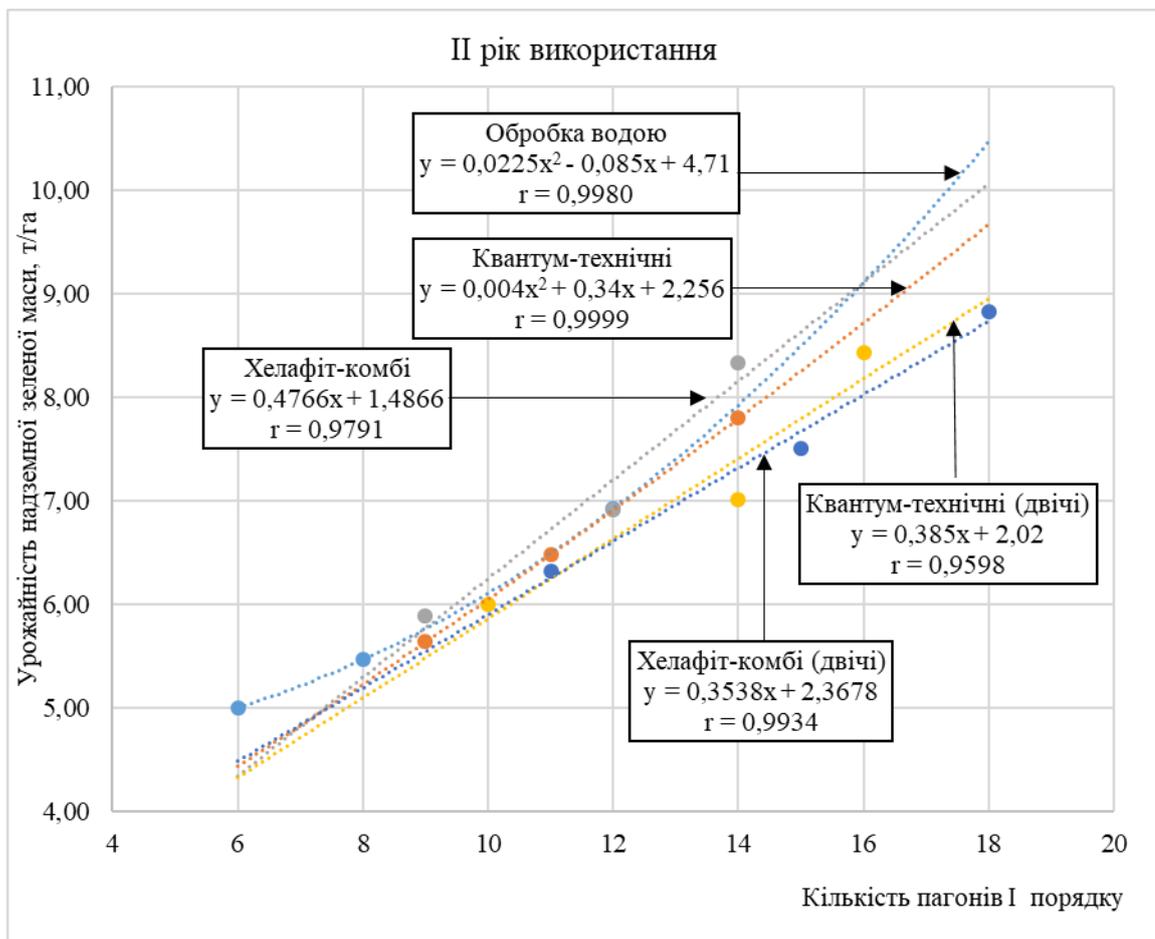
$x$  – кількість пагонів I порядку

$a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти, що залежать від норми внесення добрив, особливостей діючої речовини біопрепарату та кратності позакоренових підживлень.

Коефіцієнт кореляції між кількістю пагонів I порядку, які формуються на рослинах гісопу лікарського та урожайністю надземної зеленої маси на першому році використання під дією підживлення біопрепаратами коливається від 0,9834 до 0,9988 (рис. 4.5), на другому році використання – від 0,9652 до 0,9999 (рис. 4.6), на третьому році використання – від 0,9766 до 0,9999 (рис. 4.7), що свідчить про значну силу кореляційного зв'язку між зазначеними показниками.

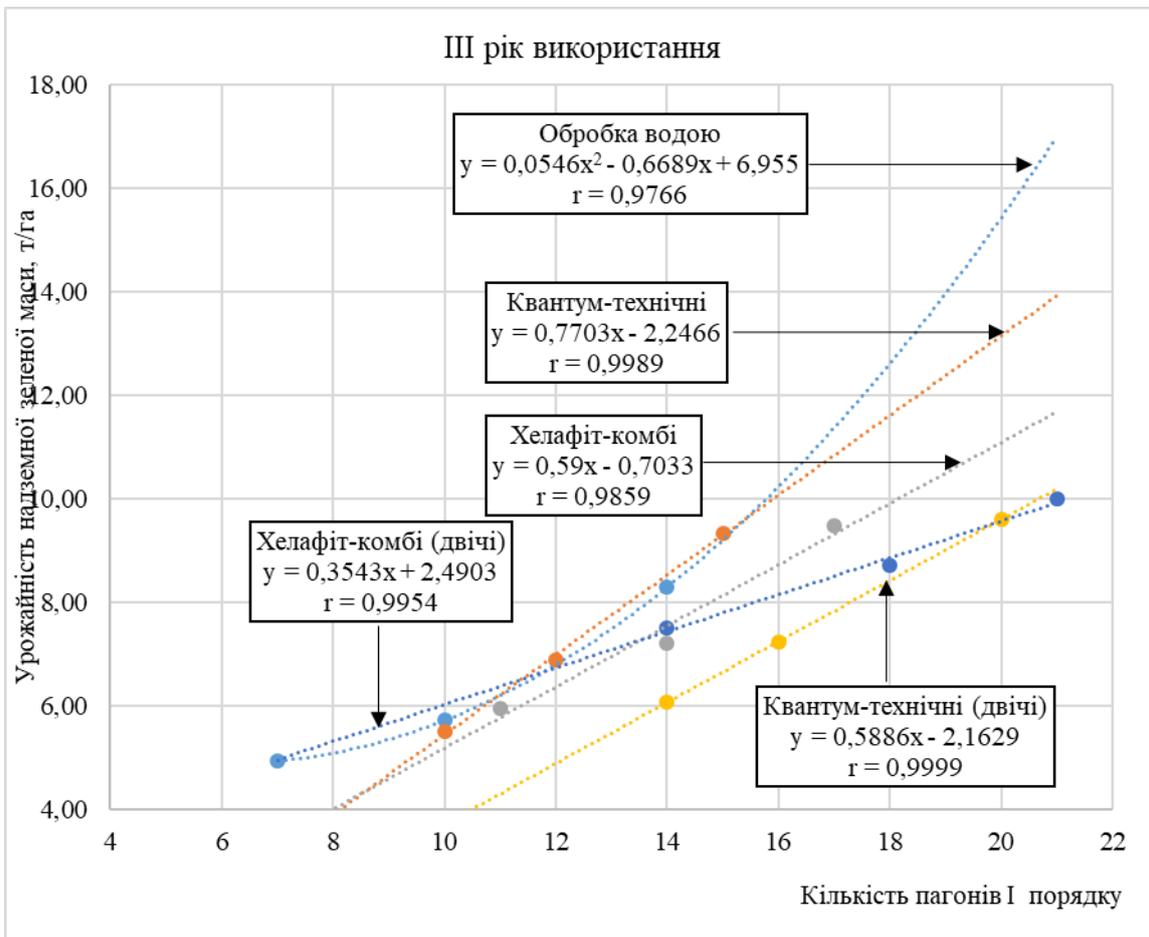


**Рис. 4.5. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів I порядку у рослин гісопу лікарського першого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакоренового підживлення**



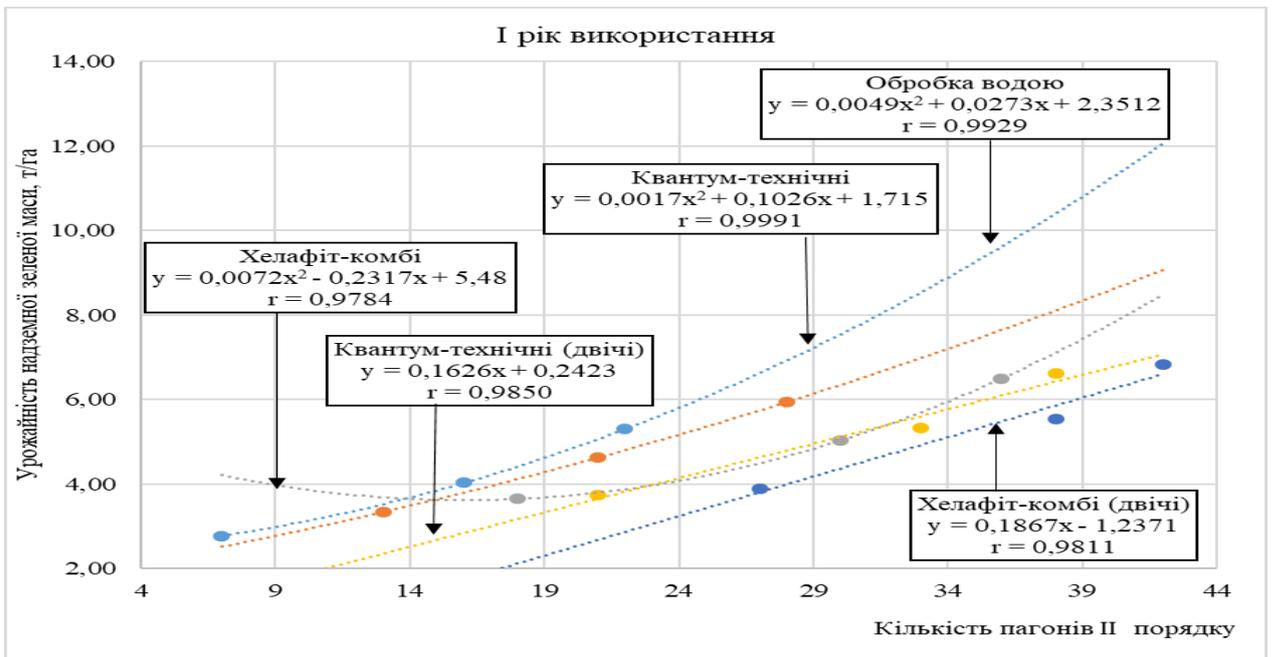
**Рис. 4.6. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів I порядку у рослин гісопу лікарського другого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення**

Проведений аналіз кореляційно-регресійних моделей свідчить, що оптимізація підживлення за рахунок застосування сучасних рістрегулюючих препаратів на фоні застосування різних норм добрив призводить до збільшення кількості пагонів I порядку на рослинах гісопу лікарського. Найбільшу кількість пагонів I порядку та урожайність надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського у порівнянні із контрольним варіантом (обробка водою) сформовано за двократного позакореневого підживлення препаратом Хелафіт-комбі. При цьому, застосування добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  дозволило рослинам найбільш активно формувати пагони I, що в свою чергу позитивним чином вплинуло на наростання надземної зеленої маси рослин.

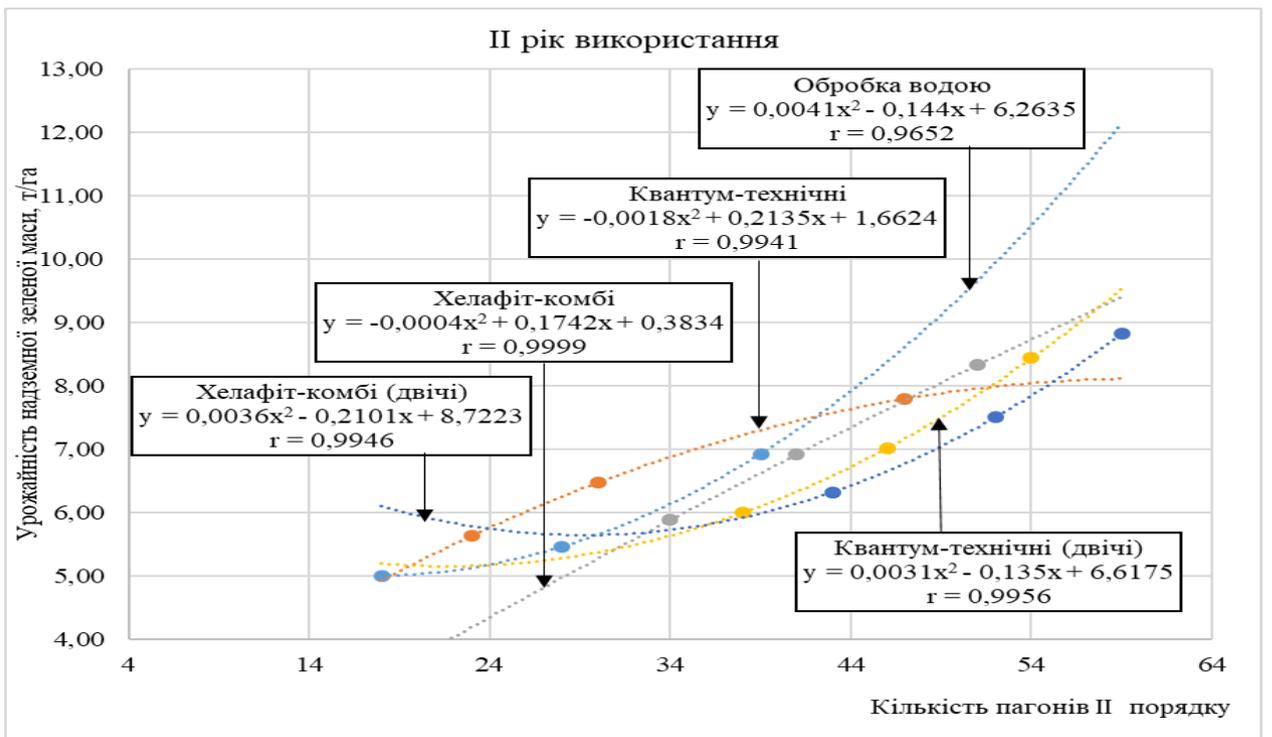


**Рис. 4.7. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів I порядку у рослин гісопу лікарського третього року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення**

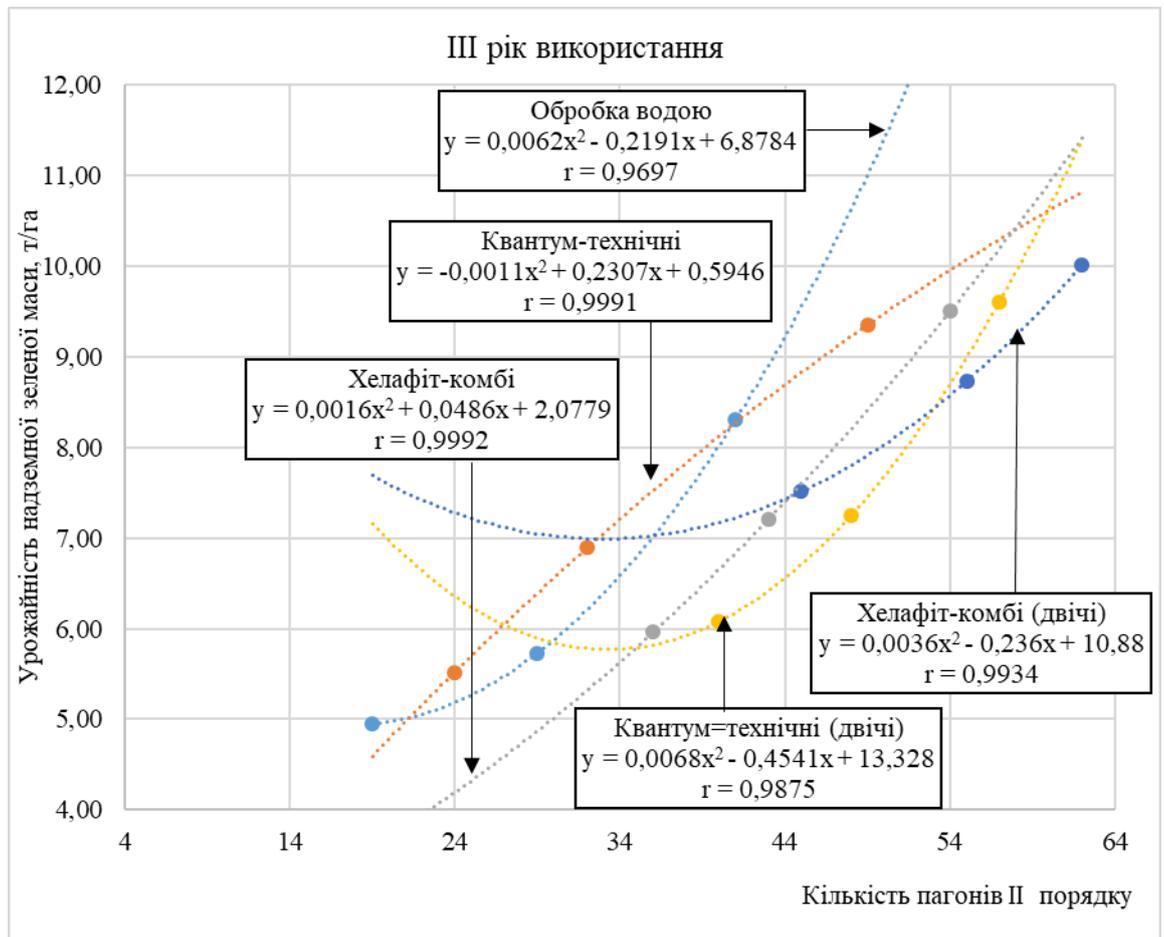
Протягом років досліджень коефіцієнт кореляції між кількістю сформованих рослинами гісопу лікарського пагонів II порядку та урожайністю надземної зеленої маси на першому році використання залежно від варіанту підживлення коливається від 0,9784 до 0,9991 (рис. 4.8), на другому році використання – від 0,9598 до 0,9999 (рис. 4.9), на третьому році використання – від 0,9697 до 0,9992 (рис. 4.10), що дозволяє зробити висновок про значну силу кореляційного зв'язку між зазначеними показниками.



**Рис. 4.8. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів II порядку у рослин гісону лікарського першого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення**



**Рис. 4.9. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів II порядку у рослин гісону лікарського другого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення**



**Рис. 4.10. Кореляційно-регресійні моделі залежності врожайності надземної зеленої маси від кількості пагонів II порядку у рослин гісопу лікарського третього року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення**

За результатами аналізу кореляційно-регресійних моделей встановлено, що позакореневе підживлення рослин гісопу лікарського сучасними рістрегулюючими препаратами за одночасного застосування різних норм добрив сприяє формуванню більшої кількості пагонів II порядку на рослинах. Найбільшу кількість пагонів II порядку та урожайність надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського у порівнянні із контрольним варіантом (обробка водою) було отримано за двократного позакореневого підживлення препаратом Хелафіт-комбі на фоні застосування добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$ .

Оптимізація системи живлення рослин гісопу лікарського насаджень всіх років використання сприяло формуванню кущів рослин з дещо вищими

показниками діаметру куща. Так, у насаджень першого року використання діаметр куща рослин, у середньому за роки досліджень, був більшим за контроль на 3 – 17 см або на 16,7 – 53,1% залежно від варіанту удобрення (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

**Вплив оптимізації живлення на діаметр куща гісопу лікарського першого року використання на початку цвітіння, см**

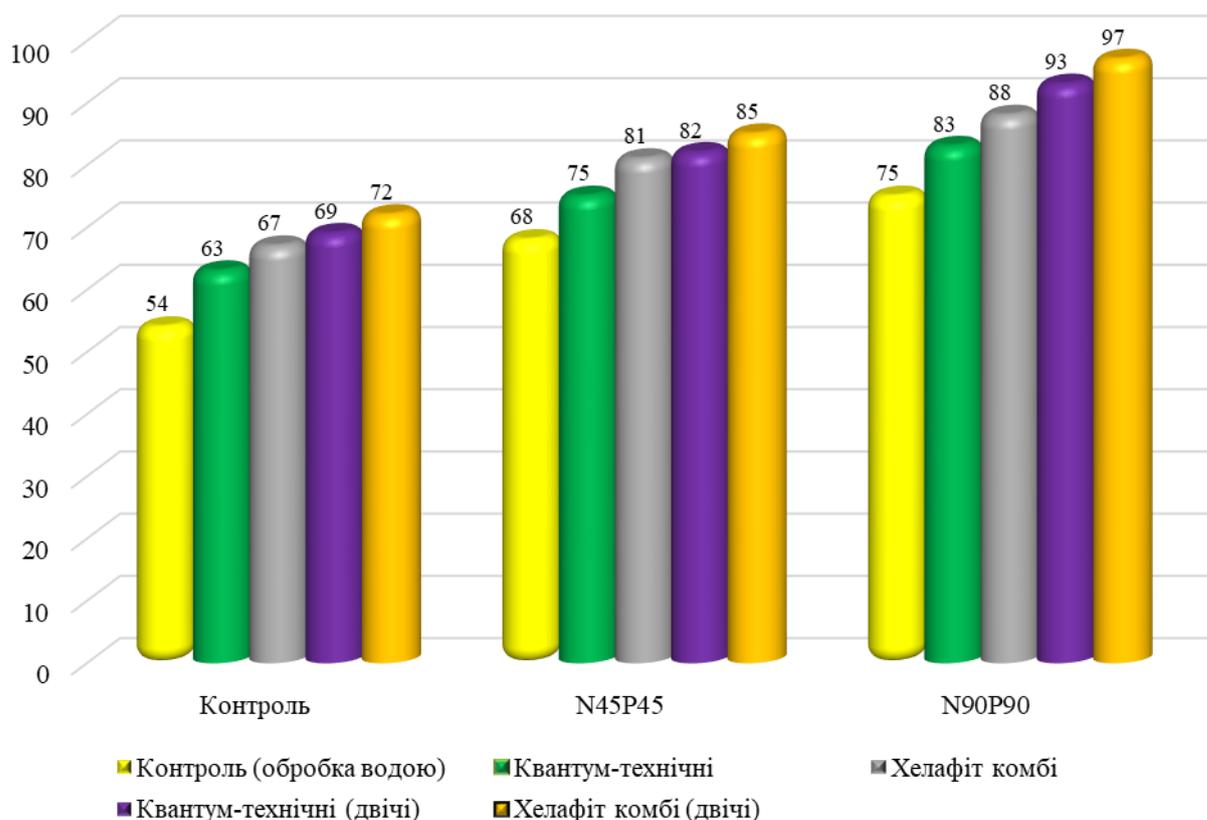
| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення |                  |               |                          |                       |
|---------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
|                                 | контроль (обробка водою) | Квантум-технічні | Хелафіт комбі | Квантум-технічні (двічі) | Хелафіт комбі (двічі) |
| 2020 р.                         |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 13                       | 15               | 15            | 17                       | 20                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 18                       | 22               | 23            | 25                       | 27                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 21                       | 25               | 27            | 29                       | 30                    |
| 2021 р.                         |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 16                       | 18               | 19            | 22                       | 24                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 20                       | 24               | 26            | 27                       | 30                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 25                       | 28               | 30            | 31                       | 32                    |
| 2022 р.                         |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 16                       | 22               | 23            | 25                       | 27                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 21                       | 27               | 28            | 30                       | 31                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 27                       | 31               | 31            | 32                       | 34                    |
| середнє за 2020 – 2022 рр.      |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль                        | 15                       | 18               | 19            | 21                       | 24                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 20                       | 24               | 26            | 27                       | 29                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 24                       | 28               | 29            | 31                       | 32                    |

Насадження гісопу лікарського другого та третього року використання залежно від варіанту досліду мали діаметр куща відповідно 40 – 66 см (табл. 4.19) та 54 – 97 см (рис. 4.11).

Таблиця 4.19

**Діаметр куща гісопу лікарського другого року використання  
на початку фази цвітіння залежно від мінеральних добрив  
та рістрегулюючих препаратів, см**

| Доза<br>добрив                  | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                                 | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2021 р.                         |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 38                             | 44                   | 49               | 49                              | 51                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 41                             | 47                   | 52               | 52                              | 55                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 47                             | 54                   | 58               | 60                              | 63                          |
| 2022 р.                         |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 41                             | 48                   | 53               | 53                              | 55                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 44                             | 51                   | 56               | 56                              | 59                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 51                             | 58                   | 63               | 65                              | 68                          |
| середнє за 2021 – 2022 рр.      |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 40                             | 46                   | 51               | 51                              | 53                          |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 43                             | 49                   | 54               | 54                              | 57                          |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 49                             | 56                   | 61               | 63                              | 66                          |



**Рис. 4.11. Діаметр куща гісопу лікарського третього року використання на початку фази цвітіння, см**

Внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{45}$ , в середньому по варіантам позакореневих підживлень рослин, забезпечувало збільшення діаметру куща рослин гісопу лікарського другого року використання на 3,2 см або на 6,2% порівняно до контролю, а діаметр куща рослин третього року використання – на 13 см або на 16,7%.

Дещо більшими діаметр куща гісопу лікарського було відмічено за використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  – 59 см у рослин другого року використання та 87 см – у рослин третього року, що більше за показники контролю відповідно на 11 та 22 см або на 18,6 та 25,3%.

Нашими дослідженнями визначено, що максимальні розміри куща гісопу лікарського, незалежно від року використання насаджень, були відмічені за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі за вегетацію підживлень рослин препаратом Хелафіт комбі. Так, рослини першого року використання за даного варіанту живлення мали

діаметр куща 32 см, другого року – 66 см, а третього – 97 см, що відповідно перевищило показники контролю на 17; 26 та 43 см або на 53,1; 39,4 та 44,3%.

#### 4.5 Продуктивність гісопу лікарського

В умовах Південного Степу України важливого значення набувають культури, стійкі до біотичних та абіотичних факторів середовища, які володіють високою продуктивністю з добрими якісними показниками сировини. Перспективним напрямком за таких умов може бути вирощування лікарських ефіро – олійних культур, особливо це стосується гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.). Ця культура набуває певної зацікавленості в Україні упродовж останнього десятиріччя [7, 8, 9], а її продуктивність визначається погодними умовами року та агротехнічними заходами.

Нашими дослідженнями визначено, що врожайність зеленої надземної маси рослин гісопу лікарського у роки досліджень залежала від факторів досліду та погодних умов року дослідження. Так, рослини першого року використання найвищу врожайність сформували у 2021 р. – 3,90 – 7,99 т/га залежно від варіанту досліду (табл. 4.20).

Слід відмітити, що сприятливі погодні умови 2021 р. забезпечили формування вищої врожайності зеленої надземної маси рослинами гісопу лікарського – 5,80 т/га в середньому по варіантах досліду, що перевищило даний показник досліджуваної культури у 2022 р. на 1,31 т/га або на 22,6%, а у 2020 р. – на 1,41 т/га або на 24,3%.

У середньому за роки досліджень, застосування мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  забезпечувало отримання найвищої врожайності зеленої надземної маси рослин гісопу лікарського. Так, у середньому по варіантах застосування позакорневих підживлень насаджень гісопу лікарського першого року використання, за даного варіанту внесення мінеральних добрив було одержано 6,24 т/га зеленої надземної маси рослин, що перевищило

показники іншого варіанту внесення мінеральних добрив (N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>) на 1,33 т/га або на 21,3%, а контрольний варіант досліду на 2,76 т/га або на 44,2%.

Таблиця 4.20

**Вплив оптимізації живлення на урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського першого року використання, т/га**

| Доза добрив   | Позакореневе підживлення |                  |               |                          |                       |
|---|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
|   | контроль (обробка водою) | Квантум-технічні | Хелафіт комбі | Квантум-технічні (двічі) | Хелафіт комбі (двічі) |
| 2020 р.   |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль  | 2,19                     | 2,71             | 3,01          | 3,16                     | 3,29                  |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 3,64                     | 4,24             | 4,61          | 5,02                     | 5,26                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 4,75                     | 5,18             | 5,83          | 6,05                     | 6,19                  |
| 2021 р.   |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль  | 3,90                     | 4,42             | 4,78          | 4,81                     | 4,99                  |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 4,67                     | 5,31             | 5,73          | 5,77                     | 6,00                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 6,24                     | 7,08             | 7,64          | 7,70                     | 7,99                  |
| 2022 р.   |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль  | 2,25                     | 2,88             | 3,16          | 3,24                     | 3,39                  |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 3,78                     | 4,36             | 4,74          | 5,20                     | 5,37                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 4,91                     | 5,56             | 6,04          | 6,12                     | 6,33                  |
| середнє за 2020 – 2022 рр.  |                          |                  |               |                          |                       |
| Контроль  | 2,78                     | 3,34             | 3,65          | 3,74                     | 3,89                  |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 4,03                     | 4,63             | 5,03          | 5,33                     | 5,54                  |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 5,30                     | 5,94             | 6,50          | 6,62                     | 6,84                  |
| НІР <sub>05</sub> , т/га фактор А – 0,010-0,015;<br>фактор В – 0,009-0,011;<br>взаємодія АВ – 0,014-0,017 |                          |                  |               |                          |                       |

Застосування двічі за період вегетації рослин гісопу лікарського для позакореневого підживлення сучасних добрив та рістрегулюючих препаратів

сприяло найбільшому підвищенню врожайності зеленої маси рослин. Так, за використання препарату Квантум – технічні, в середньому за роки досліджень та по фактору дози мінеральних добрив, було одержано врожайність на рівні 5,23 т/га, а препарату Хелафіт комбі – 5,42 т/га, що перевищило варіант без використання позакореневого підживлення насаджень відповідно на 1,19 т/га або на 22,8% та на 1,38 т/га або на 25,5%.

Така ж тенденція щодо формування урожайності зеленої надземної маси рослинами гісопу лікарського спостерігалася за використання насаджень другого року (табл. 4.21).

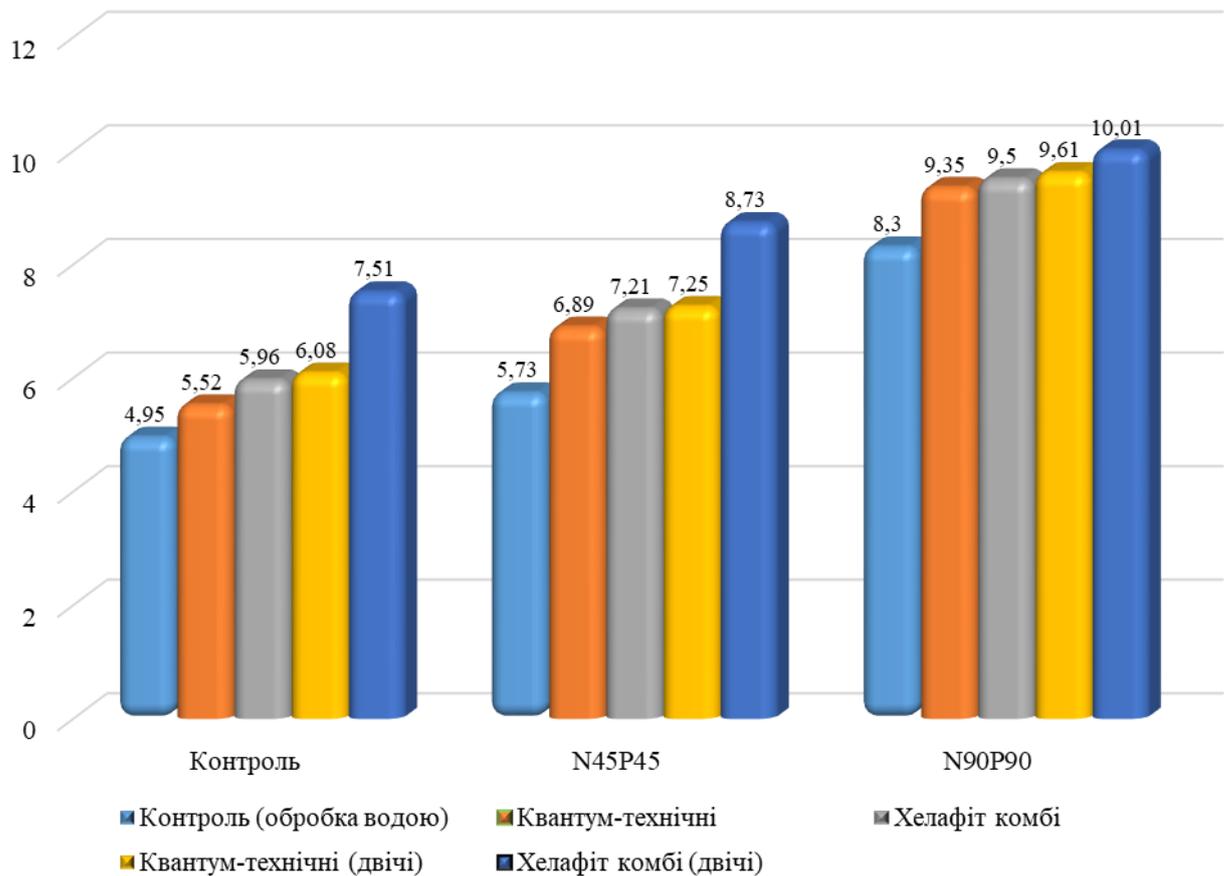
Таблиця 4.21

**Урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського  
другого року використання залежно від живлення, т/га**

| Доза<br>добрив  | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|---|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|   | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2021 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 5,26                           | 5,87                 | 5,93             | 6,12                            | 6,57                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 5,64                           | 6,48                 | 6,85             | 7,01                            | 7,69                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 6,04                           | 6,96                 | 7,32             | 7,48                            | 8,01                        |
| 2022 р.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 4,76                           | 5,40                 | 5,84             | 5,87                            | 6,09                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 5,29                           | 6,47                 | 6,99             | 7,03                            | 7,32                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 7,82                           | 8,64                 | 9,34             | 9,40                            | 9,65                        |
| середнє за 2021 – 2022 рр.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль  | 5,01                           | 5,64                 | 5,89             | 6,00                            | 6,33                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 5,47                           | 6,48                 | 6,92             | 7,02                            | 7,51                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 6,93                           | 7,80                 | 8,33             | 8,44                            | 8,83                        |
| НІР <sub>05</sub> , т/га фактор А – 0,009-0,012;<br>фактор В – 0,012-0,015;<br>взаємодія АВ – 0,013-0,015 |                                |                      |                  |                                 |                             |

Так, у середньому за 2021 – 2022 рр., за внесення мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та проведення двічі за вегетацію позакоренових підживлень рослин препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі забезпечило одержання 8,44 та 8,83 т/га зеленої надземної маси гісопу лікарського, що вище за показники контрольного варіанту досліді на 3,43 та 3,82 т/га або на 40,6 та 43,3% відповідно.

На третій рік використання насаджень рослини гісопу лікарського сформували найвищу врожайність зеленої надземної маси (рис. 4.12).



**Рис. 4.12. Вплив оптимізації живлення на врожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського третього року використання (2022 р.), т/га**

Так, у середньому по варіантах досліді, було одержано 7,51 т/га зеленої надземної маси, що перевищило врожайність рослин гісопу лікарського першого року використання на 2,63 т/га або на 35,0%, а другого року використання – на 0,67 т/га або на 8,9%.

При цьому, слід відмітити, що як і в попередні роки використання насаджень, сумісне використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення по їх фоні позакоренових підживлень двічі за вегетацію препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі забезпечувало одержання найвищої врожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського – 9,61 – 10,01 т/га, що перевищило показники контролю на 4,66 – 5,06 т/га або на 48,5 – 50,5%.

Результати дисперсійного аналізу впливу оптимізації живлення на врожайність зеленої надземної маси гісопу протягом 2020-2022 рр. встановлено, що всі фактори та їх взаємодія мають значущість у досліді. Оцінка істотності середніх (головних) ефектів свідчить, що залежно від року використання  $HP_{05} A = 0,012...0,015$ ;  $HP_{05} B = 0,011...0,015$ ;  $HP_{05} AB = 0,015...0,017$ .

Глобальна фармацевтична, парфумерна, косметична та харчова промисловості відчуває постійно зростаючий попит на природні ефірні олії завдяки їх вмісту, що, на відміну від поступу хімічно синтезованих олій, багатий природними ароматичними сполуками, органічними кислотами, фенолами, спиртами, альдегідами тощо. Це робить ефірні олії дорогими на світовому ринку та підкреслює актуальність введення та вивчення сільськогосподарських методик для вирощування ефірних нафтових рослин у різних ґрунтах та кліматичних зонах [32].

Особливо багаті на ефірні олії рослини родини Ясноткові або Губоцвіті (*Lamiaceae*) до яких відноситься й Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.). Відомо, що найбільшу кількість ефірної олії Гісоп лікарський накопичує у листках та суцвіттях. У Гісопу, як й інших ясноткових, ефірна олія накопичується в залозистих волосках (трихомах), що є виростами епідерми, які формуються на вегетативних і генеративних органах рослин та мають два функціональних типу [22, 26].

З даними Котюк Л. [12] основними секретуючими структурами гісопу лікарського, які синтезують ефірні олії, є листок і чашечка оцвітини.

Наявність опушення і ефіроолійних залоз на епідермі органів культури підвищує адаптивні можливості даного виду в умовах інтродукції.

Ці дані підтверджуються даними Гнатюка та ін. [4] за якими ефірні олії містяться у квітках, листках і плодах, рідше в інших органах рослин. У більшості випадків вони є поєднанням декількох іноді близьких одна до одної речовин. Їхній склад залежить від віку рослини, місця зростання, пори року і кліматичних умов. До складу ефірної олії входять аліциклічні і аліфатичні терпени з 10 (монотерпени) або 15 (сесквітерпени) вуглецевими атомами, а також продукти їх окислення. В основі будови всіх терпенів є молекули ізопрена [4].

Під час дослідження якісного і кількісного вмісту ефірних олій виявлено, що в надземній масі гісопу лікарського є 63 компоненти, з яких ідентифіковано 11. Основним компонентом ефірної олії гісопу лікарського є пінекамферол (84,68 %). У ній виявлено також лімонен (2,64 %), ліналоол (2,45 %),  $\alpha$ -феландрен (2,32 %),  $\alpha$ -терпінеол (1,86 %),  $\beta$ -пінен (1,81 %), гераніол (1,14 %), міоцен (1,02 %), терпінен-4-ол (0,93 %), камфору (0,78 %),  $\beta$ -каріофілен (0,37 %) [5, 29].

Результати досліджень Котюк Л. А. та ін. [13] із визначення біохімічного складу гісопу лікарського показали, що найбільший вміст сухої речовини виявлено у рослин третього року зростання, що в 1,5 разу переважає цей показник у рослин першого року зростання. Показник вмісту протеїну, золи й загального цукру у рослин 3-го року зростання, навпаки, зменшується у порівнянні з однорічниками, відповідно, у 1,3; 1,8 та 3 рази. Вміст клітковини у рослинній сировині однорічників становив 37,81, дворічників – 41,2, трирічних рослин – 37,18 % на абсолютно суху масу, жирів – відповідно 2,73; 3,81; 3,81 %. Встановлено, що кількість аскорбінової кислоти у рослинній сировині гісопу першого року зростання була у 2 рази вищою порівняно з рослинами другого року зростання та у 5,6 рази – третього року зростання [13]. Науковцями визначено, що у надземній частині рослин першого року життя було виявлено 46 компонентів, серед яких лише

13 найменувань за вмістом переважали 1 %. Відмічено досить значний вміст піноамфону – 53,73 %, ізопінокамфону – 4,66 %, міртенолу – 9,35 %, камфори – 3,86. У рослинній сировині виявлено також гомоміртенол,  $\alpha$ -туйон,  $\beta$ -бурбонен, нераль, гераніаль, евгенол, терпінен-4-ол та інші сполуки, кількість яких становила від 0,01 до 0,9 %. В ефірній олії *H. officinalis* третього року життя було ідентифіковано 31 компонент, серед яких переважали 5 сполук: пінокамфон (35,49 %), ізопінокамфон (44,43 %), міртенол (5,26 %), пулегон (2,93 %), біциклогермакрен (1,35 %). Також було виявлено (від 0,01 до 1 %):  $\beta$ -пінен, мІрцен, лимонен,  $\beta$ -феландрен, цис-оцимен, міртеналь, біциклоелемен,  $\beta$ бурбонен,  $\beta$ -каріофілен та інші сполуки (від 0,01 до 1 %) [13, 34].

Однією із господарсько – цінних ознак гісопу лікарського є масова частка ефірної олії у сировині, яка залежить від погодно – кліматичних та агротехнічних умов вирощування культури. Результатами наших досліджень встановлено, що на масову частку ефірної олії гісопу лікарського впливала система живлення культури (табл. 4.22).

Так, за використання насаджень першого року використання на неудобреному варіанті досліду, в середньому за роки досліджень, масова частка ефірної олії у сировині гісопу лікарського склала 0,53% від сирої біомаси. Застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{45}P_{45}$  забезпечило зростання досліджуваного показника на 0,29%, а в дозі  $N_{90}P_{90}$  – на 0,51%.

Дослідженнями визначено, що застосування сучасних рістрегулюючих препаратів для позакореневого підживлення позитивно позначилося на вмісті ефірної олії у сировині гісопу лікарського. Так, у середньому за роки досліджень та по варіантам доз мінеральних добрив, обробка препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі у період вегетації рослин гісопу лікарського сприяла збільшенню частки ефірної олії на 0,09 – 0,14% від сирої біомаси, а їх застосування двічі за вегетацію – на 0,24 – 0,33% від сирої біомаси порівняно до контролю.

Таблиця 4.22

**Масова частка ефірної олії гісопу лікарського першого року  
використання, % від сирової біомаси**

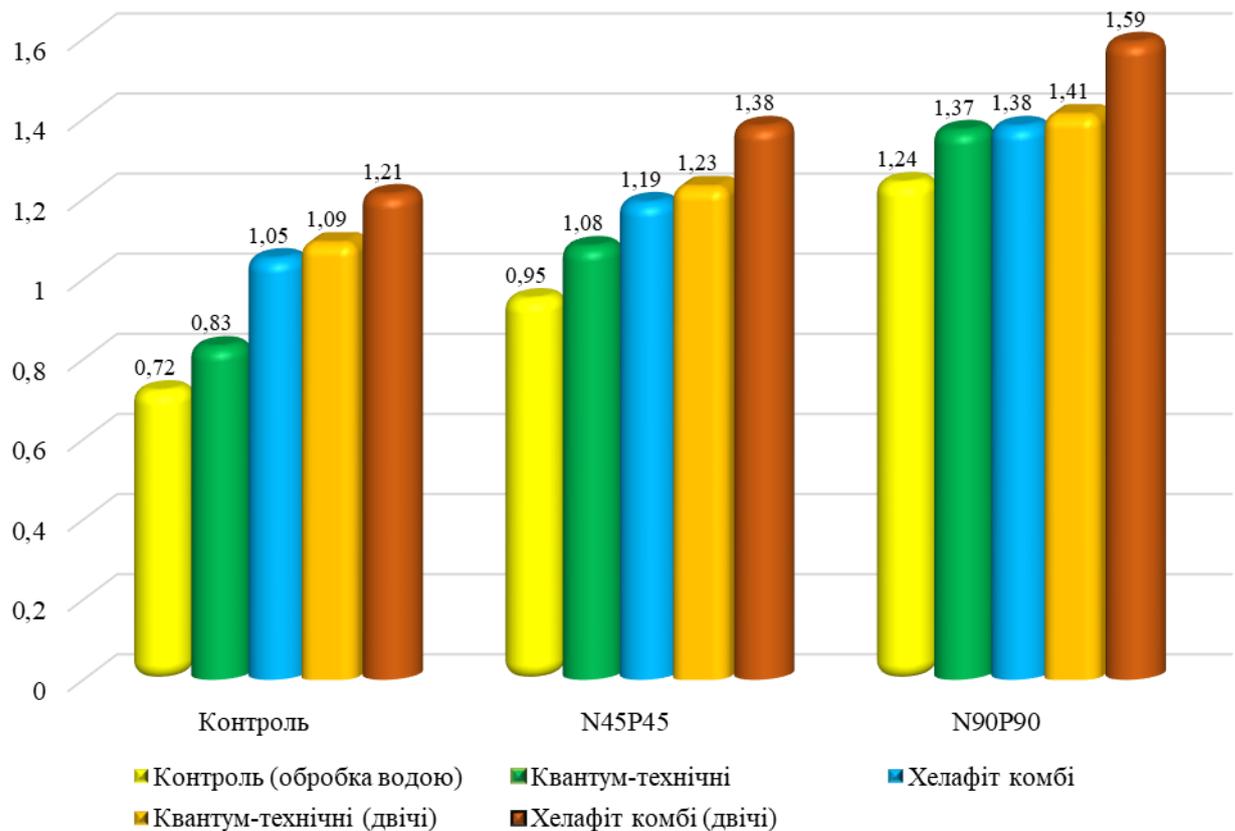
| Доза<br>добрив   | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|--|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|  | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2020 р.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,60                           | 0,69                 | 0,72             | 0,98                            | 1,14                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,91                           | 1,05                 | 1,09             | 1,14                            | 1,20                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 1,10                           | 1,18                 | 1,21             | 1,25                            | 1,27                        |
| 2021 р.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,41                           | 0,50                 | 0,55             | 0,66                            | 0,83                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,72                           | 0,78                 | 0,93             | 1,05                            | 1,10                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 0,94                           | 0,96                 | 1,05             | 1,09                            | 1,16                        |
| 2022 р.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,58                           | 0,70                 | 0,73             | 0,91                            | 1,04                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,84                           | 0,98                 | 1,02             | 1,10                            | 1,17                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 1,09                           | 1,15                 | 1,19             | 1,19                            | 1,25                        |
| середнє за 2020 – 2022 рр.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,53                           | 0,63                 | 0,67             | 0,85                            | 1,00                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,82                           | 0,94                 | 1,01             | 1,10                            | 1,16                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 1,04                           | 1,10                 | 1,15             | 1,18                            | 1,23                        |
| НІР <sub>05</sub> фактор А – 0,012-0,016;<br>фактор В – 0,013-0,015;<br>взаємодія АВ – 0,009-0,012 |                                |                      |                  |                                 |                             |

Така ж тенденція спостерігалася і щодо впливу досліджуваних факторів на вміст ефірної олії у сирій біомасі гісопу лікарського другого і третього року використання насаджень (табл. 4.23; рис. 4.13).

Таблиця 4.23

**Вплив оптимізації живлення на масову частку ефірної олії гісопу  
лікарського другого року використання, % від сирової біомаси**

| Доза<br>добрив   | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|--|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|  | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2021 р.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,51                           | 0,66                 | 0,85             | 0,86                            | 0,92                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,80                           | 0,86                 | 1,03             | 1,05                            | 1,08                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 1,11                           | 1,14                 | 1,15             | 1,16                            | 1,23                        |
| 2022 р.  |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,63                           | 0,75                 | 0,89             | 0,93                            | 1,04                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,98                           | 1,06                 | 1,14             | 1,20                            | 1,27                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 1,20                           | 1,25                 | 1,30             | 1,34                            | 1,40                        |
| середнє за 2021 – 2022 рр.   |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль   | 0,57                           | 0,71                 | 0,87             | 0,90                            | 0,98                        |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>  | 0,89                           | 0,96                 | 1,09             | 1,13                            | 1,18                        |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>  | 1,16                           | 1,20                 | 1,23             | 1,25                            | 1,32                        |
| НІР <sub>05</sub> фактор А – 0,018-0,022;<br>фактор В – 0,011-0,015;<br>взаємодія АВ – 0,017-0,019 |                                |                      |                  |                                 |                             |



**Рис. 4.13. Масова частка ефірної олії гісопу лікарського третього року використання (2022 р.), % від сирової біомаси**

Так, застосування позакореневих підживлень один раз за вегетацію препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі, в середньому по варіантам мінеральних добрив, масова частка ефірної олії гісопу лікарського насаджень другого року використання склала 0,96–1,06%, а третього року використання – 1,09–1,21%, що перевищило показники контрольного варіанту дослідження відповідно на 9,4–17,9 та 11,0 –19,8 відсоткових пунктів.

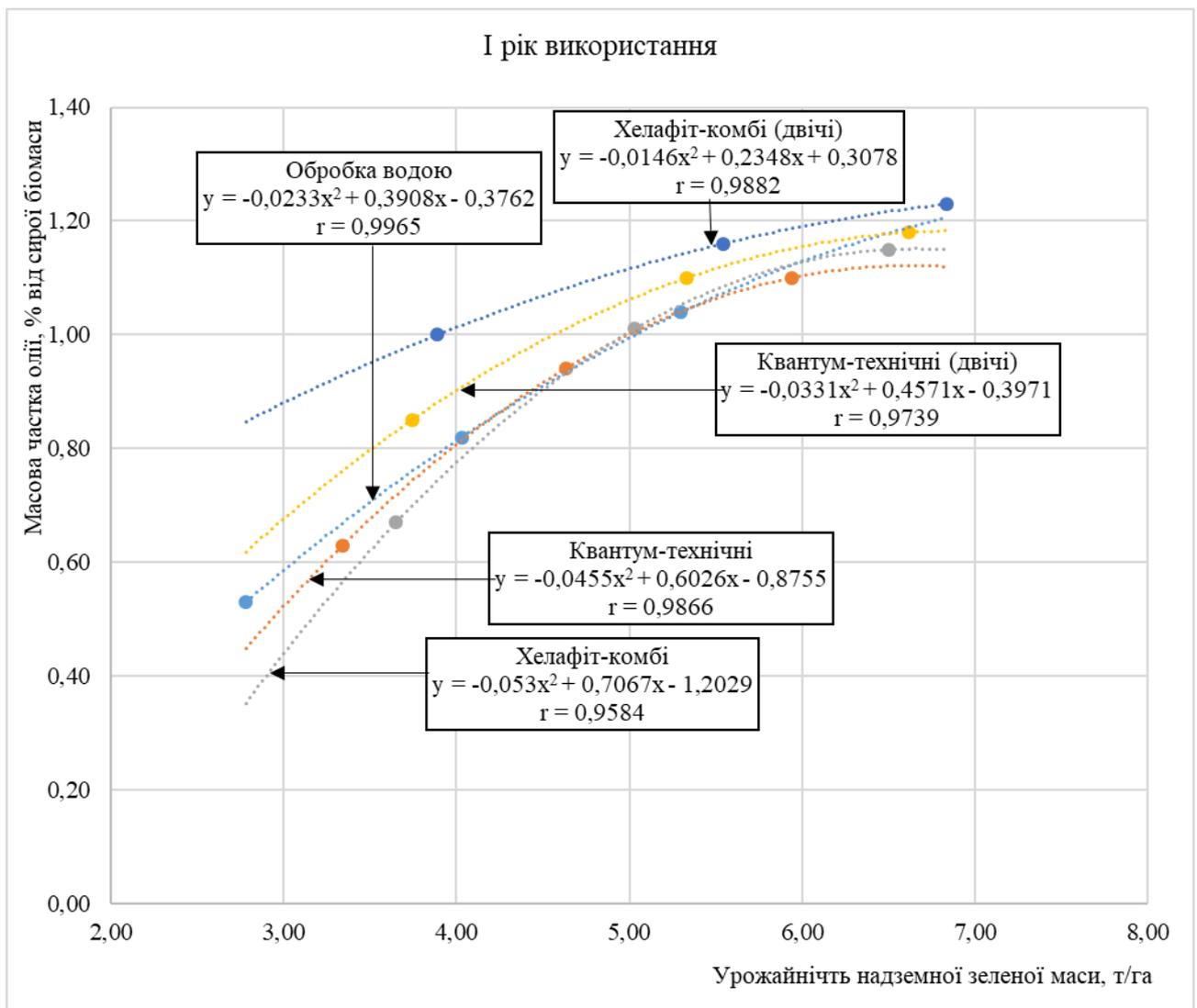
Деяко вищими показники масової частки ефірної олії були за використання позакореневих підживлень насаджень другого та третього року використання двічі за період вегетації рослин гісопу лікарського – 1,09–1,16% від сирової біомаси рослин другого року та 1,24–1,39% від сирової біомаси рослин третього року використання, що перевищило показники контролю відповідно на 20,2–25,0 та 21,8–30,2 відсоткових пунктів.

Слід відмітити, що найвищим умістом ефірної олії у сирій біомасі рослин характеризувався варіант сумісного застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та позакореневого підживлення рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препаратом Хелафіт комбі. Так, масова частка ефірної олії у сирій біомасі гісопу лікарського другого року використання склала 1,32% (у середньому за роки вирощування), а рослин третього року використання – 1,59%, що перевищило контроль відповідно на 0,75 та 0,87%.

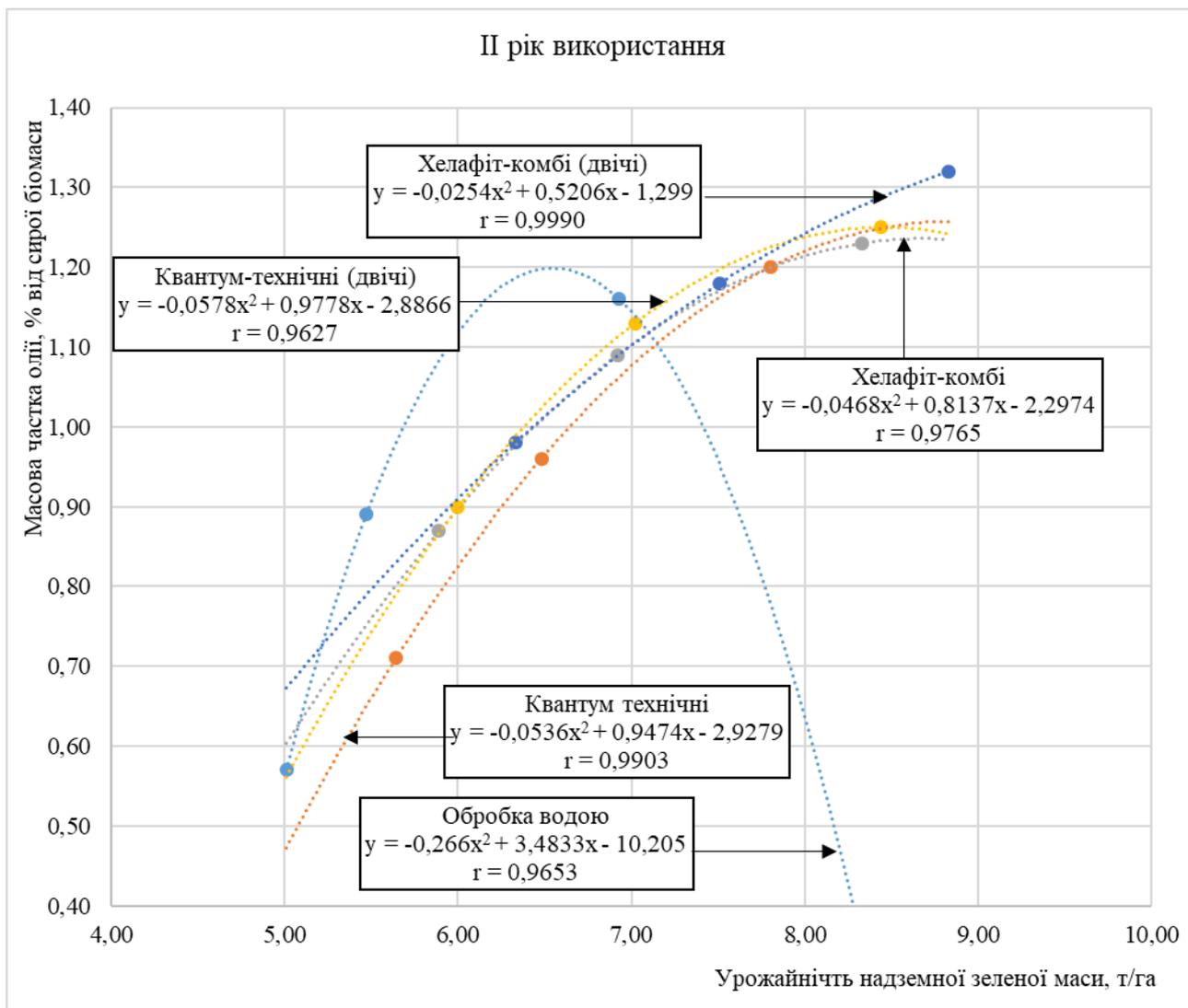
Нашими дослідженнями встановлено, що в середньому по варіантам досліду і рокам досліджень, найбільшою масова частка ефірної олії у сирій біомасі була у рослин гісопу лікарського третього року використання насаджень – 1,18%, що перевищило вміст ефірної олії у рослинах другого року використання насаджень на 0,15%, а першого року – на 0,22%.

Як свідчать результати дисперсійного аналізу впливу різних варіантів живлення на вміст ефірної олії гісопу протягом 2020-2022 рр., всі фактори та їх взаємодія мають значущість у досліді. Оцінка істотності середніх (головних) ефектів свідчить, що залежно від року використання  $HP_{05} A = 0,016...0,022$ ;  $HP_{05} B = 0,012...0,015$ ;  $HP_{05} AB = 0,012...0,019$ .

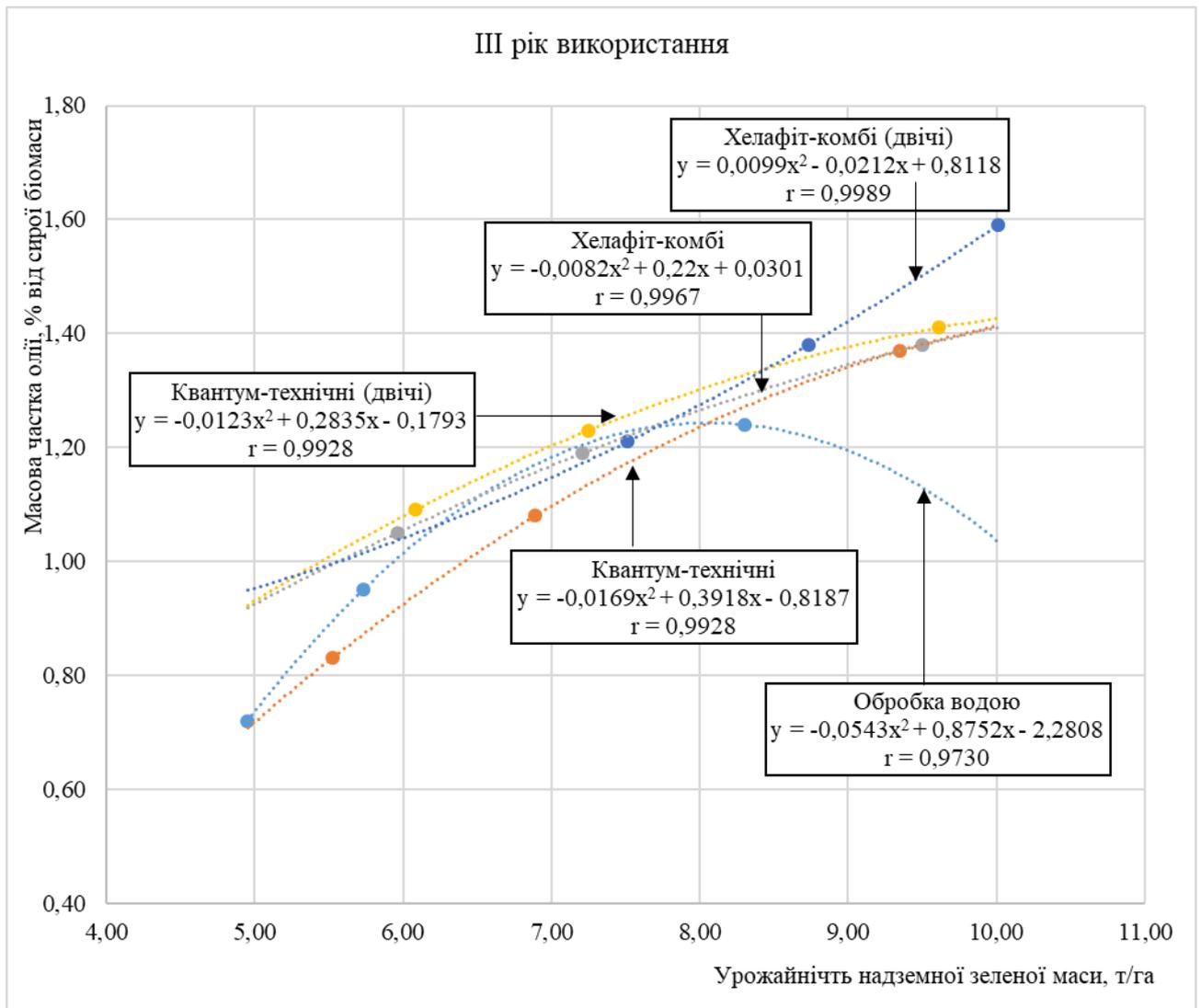
Встановлено кореляційний зв'язок між урожайністю надземної зеленої маси гісопу лікарського та вмістом ефірної олії різних варіантів підживлення протягом 3 років використання (рис. 4.14 – 4.16).



**Рис. 4.14.** Кореляційно-регресійні моделі залежності масової частки олії від урожайності надземної зеленої маси рослин гірсу лікарського першого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення



**Рис. 4.15.** Кореляційно-регресійні моделі залежності масової частки олії від урожайності надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського другого року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення



**Рис. 4.16. Кореляційно-регресійні моделі залежності масової частки олії від урожайності надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського третього року використання на фоні різних норм застосування добрив та позакореневого підживлення**

Рівняння залежності масової частки ефірної олії від урожайності надземної зеленої маси гісопу лікарського є поліномом:

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$$

де  $y$  – масова частка ефірної олії, % від сирої біомаси

$x$  – урожайність надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського, т/га

$a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти, що залежать від норми внесення добрив, рістрегулюючих препаратів та кратності позакорневих підживлень.

Коефіцієнт кореляції між урожайністю надземної зеленої маси гісопу лікарського та вмістом ефірної олії на першому році використання під дією підживлення сучасними рістрегулюючими препаратами коливається від 0,9584 до 0,9965 (рис. 4.14), на другому році використання – від 0,9653 до 0,9990 (рис. 4.15), на третьому році використання – від 0,9730 до 0,9989 (рис. 4.16), що свідчить про значну силу кореляційного зв'язку між зазначеними показниками.

Згідно аналізу кореляційно-регресійних моделей встановлено, що за різних варіантів підживлення за рахунок застосування сучасних рістрегулюючих препаратів на фоні застосування різних норм добрив збільшується як урожайність надземної зеленої маси, так і вихід ефірної олії гісопу лікарського. Найбільша врожайність надземної зеленої маси рослин гісопу лікарського і вихід ефірної олії у порівнянні із контрольним варіантом (обробка водою) сформовано за дворазового позакореневого підживлення препаратом Хелафіт-комбі. При цьому застосування добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  дозволило рослинам сформувати найбільшу кількість надземної зеленої маси рослин і збільшити масову частку ефірної олії.

Умовний вихід олії гісопу лікарського з насаджень першого року використання, у середньому за роки досліджень, коливався в межах 14,06 – 83,47 кг/га (табл. 4.24).

При цьому, застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та позакореневих підживлень рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі забезпечувало умовний вихід олії з 1 га насаджень на рівні 77,46 та 83,47 кг/га, що перевищило показники контрольного варіанту дослідження на 63,4 – 69,41 кг/га або на 49,3 – 83,2%.

На другому і третьому році використання насаджень рослини гісопу лікарського формували значно більшу врожайність, що позитивно позначилося на умовному виході ефірної олії з площі насаджень (табл. 4.25; рис. 4.17).

Таблиця 4.24

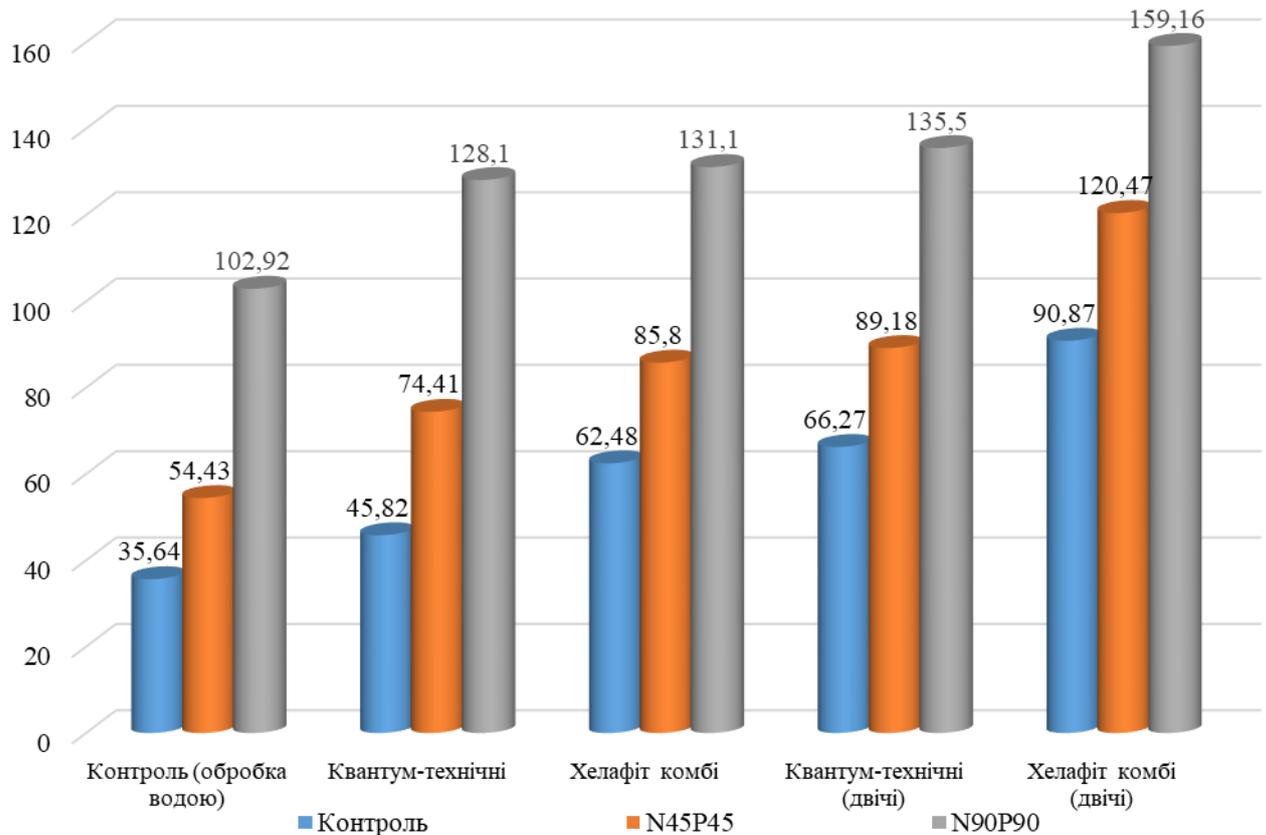
**Умовний вихід олії гісопу лікарського з насадження першого року  
використання, кг/га**

| Доза<br>добрив                    | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                                   | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| <b>2020 р.</b>                    |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 13,14                          | 18,70                | 21,67            | 30,97                           | 37,51                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 33,12                          | 44,52                | 50,25            | 57,23                           | 63,12                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 52,25                          | 49,73                | 70,54            | 75,63                           | 78,61                       |
| <b>2021 р.</b>                    |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 15,99                          | 22,10                | 26,29            | 31,75                           | 41,42                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 33,62                          | 41,42                | 53,29            | 60,59                           | 66,00                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 58,66                          | 67,97                | 80,22            | 83,93                           | 92,68                       |
| <b>2022 р.</b>                    |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 13,05                          | 20,16                | 23,07            | 29,48                           | 35,26                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 31,75                          | 42,73                | 48,35            | 57,20                           | 62,83                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 53,52                          | 63,94                | 71,88            | 72,83                           | 79,13                       |
| <b>середнє за 2020 – 2022 рр.</b> |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                          | 14,06                          | 20,32                | 23,68            | 30,73                           | 38,06                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>   | 32,83                          | 42,89                | 50,63            | 58,34                           | 63,98                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>   | 54,81                          | 60,55                | 74,21            | 77,46                           | 83,47                       |

Таблиця 4.25

**Вплив живлення на умовний вихід олії гісопу лікарського з насадження  
другого року використання, кг/га**

| Доза<br>добрив                  | Позакореневе підживлення       |                      |                  |                                 |                             |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------|
|                                 | контроль<br>(обробка<br>водою) | Квантум-<br>технічні | Хелафіт<br>комбі | Квантум-<br>технічні<br>(двічі) | Хелафіт<br>комбі<br>(двічі) |
| 2021 р.                         |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 26,83                          | 38,74                | 50,41            | 52,63                           | 60,44                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 45,12                          | 55,73                | 70,56            | 73,61                           | 83,05                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 67,04                          | 79,34                | 84,18            | 86,77                           | 98,52                       |
| 2022 р.                         |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 29,99                          | 40,50                | 51,98            | 54,59                           | 63,34                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 51,84                          | 68,58                | 79,69            | 84,36                           | 92,96                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 93,84                          | 108,00               | 121,42           | 125,96                          | 135,10                      |
| середнє за 2021 – 2022 рр.      |                                |                      |                  |                                 |                             |
| Контроль                        | 28,41                          | 39,62                | 51,20            | 53,61                           | 61,89                       |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | 48,48                          | 62,16                | 75,13            | 78,99                           | 88,01                       |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | 80,44                          | 93,67                | 102,80           | 106,37                          | 116,81                      |



**Рис. 4.17. Умовний вихід олії гісопу лікарського (третій рік використання насаджень), кг/га**

Так, у середньому по варіантам дослідження, умовний вихід олії гісопу лікарського з насаджень другого року використання склав 72,5 кг/га, а третього року використання – 92,1 кг/га, що перевищило умовний вихід олії з га площі насаджень першого року використання на 24,1 – 47,3 кг/га або на 33,2 – 51,4%.

Незалежно від року використання насаджень, найвищий умовний вихід олії гісопу лікарського був за сумісного використання мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та обробки рослин препаратом Хелафіт комбі двічі за період вегетації – 83,47 – 159,16 кг/га, що перевищило контрольний варіант дослідження на 69,41 – 123,52 кг/га.

#### Висновки до розділу 4:

1. Упродовж вегетації гісопу лікарського вміст основних рухомих елементів живлення у ґрунті знижувався внаслідок їх використання рослинами на формування врожаю та інших ростових процесів рослин. За внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  і особливо за проведення у фазі гілкування та бутонізації позакореневого підживлення препаратами Квантум-технічні та Хелат комбі в ґрунті залишається дещо більше рухомих форм азоту, фосфору та калію незалежно від року використання насаджень гісопу лікарського.

2. Терміни настання фаз росту та розвитку рослин і, як наслідок, тривалість вегетаційного періоду повністю залежали від погодних умов років досліджень. Незалежно від погодних умов в роки досліджень, застосування мінеральних добрив та сучасних рістрегулюючих препаратів сприяло подовженню міжфазних періодів росту і розвитку рослин гісопу лікарського на 1-3 доби.

3. Сумарне водоспоживання гісопу лікарського різнилося за роками використання насаджень культури. Найвищим сумарне водоспоживання насаджень гісопу лікарського було визначено у другий рік використання насаджень – у середньому за варіантами дослідів  $4347,5 \text{ м}^3/\text{га}$ , що перевищило показники першого та третього року використання насаджень на 39,2 – 46,4%. Найбільшими показники сумарного водоспоживання були відмічені за використання для позакореневого підживлення насаджень рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препарату Хелат комбі по фоні внесення мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  –  $2477 - 4410 \text{ м}^3/\text{га}$  залежно від року використання насаджень.

4. Незалежно від року використання насаджень, найвищими рослини гісопу лікарського на початку фази цвітіння були за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та дворазової обробки насаджень у період вегетації препаратом Хелат комбі. Так, рослини третього року використання за даного варіанту дослідів мали висоту  $87,5 \text{ см}$ , що

перевищило показники контролю на 39,6 см або на 45,3%

5. Найбільшою кількістю пагонів першого та другого порядків, незалежно від року використання насаджень, була за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі позакореневих підживлень препаратом Хелафіт комбі. Так, за даного варіанту досліджу рослинами першого року використання було сформовано 18 пагонів першого порядку та 42 пагони другого порядку, рослинами другого року використання – відповідно 18 та 59 пагонів, а третього року використання - 21 та 62 пагонів, що перевищило показники контролю відповідно на 13 та 35; 12 та 41; 14 та 43 пагонів.

Дещо більшу кількість пагонів, незалежно від варіанту досліджу, утворювали рослини гісопу лікарського насаджень третього року використання. Так, у середньому по варіантам досліджу, на 1 рослині налічувалося 14 пагонів першого порядку та 42 пагони другого порядку, що було більше ніж у рослин першого року використання насаджень гісопу лікарського відповідно на 3 та 16 шт. або на 21,4 та 38,1%, а рослин другого року – на 2 шт., або на 14,3 та 4,8%.

Протягом років досліджень коефіцієнт кореляції між кількістю сформованих рослинами гісопу лікарського пагонів II порядку та урожайністю надземної зеленої маси на першому році використання залежно від варіанту підживлення коливається від 0,9784 до 0,9991, на другому році використання – від 0,9598 до 0,9999, на третьому році використання – від 0,9697 до 0,9992, що дозволяє зробити висновок про значну силу кореляційного зв'язку між зазначеними показниками.

6. Максимальні розміри куща гісопу лікарського, незалежно від року використання насаджень, були відмічені за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі за вегетацію підживлень рослин препаратом Хелафіт комбі. Так, рослини першого року використання за даного варіанту живлення мали діаметр куща 32 см, другого року – 66 см, а третього – 97 см, що відповідно перевищило показники контролю на 17; 26 та 43 см або на 53,1; 39,4 та 44,3%.

7. Найвищу урожайність зеленої надземної маси рослини гісопу лікарського сформували на третій рік використання насаджень – у середньому по варіантах досліджу, було одержано 7,51 т/га зеленої надземної маси, що перевищило урожайність рослин гісопу лікарського першого року використання на 2,63 т/га або на 35,0%, а другого року використання – на 0,67 т/га або на 8,9%.

Незалежно від року використання насаджень, найвищою урожайність гісопу лікарського визначена за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення по їх фоні позакореневих підживлень двічі за вегетацію препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі. Так, на третій рік використання насаджень урожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського склала 9,61 – 10,01 т/га, що перевищило показники контролю на 4,66 – 5,06 т/га або на 48,5 – 50,5%.

8. Найвищим умістом ефірної олії у сирій біомасі рослин характеризувався варіант сумісного застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та позакореневого підживлення рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препаратом Хелафіт комбі. Масова частка ефірної олії у сирій біомасі гісопу лікарського другого року використання склала 1,32% (у середньому за роки вирощування), а рослин третього року використання – 1,59%, що перевищило контроль відповідно на 0,75 та 0,87%.

9. Найвищий умовний вихід олії гісопу лікарського був за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та обробки рослин препаратом Хелафіт комбі двічі за період вегетації – 83,47 – 159,16 кг/га залежно від року використання насаджень, що перевищило контрольний варіант досліджу на 69,41 – 123,52 кг/га.

За матеріалам розділу опубліковано три наукових праці [7, 8, 9].

#### Список використаних джерел до розділу 4:

1. Вожегова Р. А., Лиховид П. В., Біляєва І. М., Бойценюк Х. І. Сортовий склад ефіроолійних культур, придатних для вирощування на Півдні України. *Аграрні інновації*. 2021. №9. С. 57 – 60.
2. Вожегова Р. А., Коваленко О. А., Лиховид П. В., Пілярська О. О., Качанова Т. В. Моделювання врожайності гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від дози та регламенту внесення мінеральних добрив. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 18-24.
3. Гамаюнова В. В., Хоненко Л. Г., Бакланова Т. В., Коваленко О. А., Пилипенко Т. В. Сучасні підходи до застосування мінеральних добрив за збереження ґрунтової родючості в умовах зміни клімату. *Scientific Horizons*. 2020. 02 (87). С. 89–101.
4. 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. *Scientific Journal «ScienceRise: Biological Science»*. 2018. №6(15). С. 23 – 29.
5. 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 рослин і генетика*. 2010. Т. 42. № 3. С. 246 – 250.
6. Двірна Т. С., Мінарченко В. М., Тимченко І. А. Вплив кліматичних змін на лікарські рослини. Матеріали IV Науково-практичної конференції з міжнародною участю, до 20-річчя кафедри фармакогнозії та ботаніки Національного медичного університету імені О. О. Богомольця «Planta+. Наука, практика та освіта». 20 лютого 2023р. м. Київ. С. 230-233.
7. Добровольський П.А. Водоспоживання гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. №26. С. 175-181.
8. Добровольський П.А. Вплив оптимізації живлення на урожайність *Hyssopus officinalis* L. в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*.

2024. №27. С. 181-188.

9. Добровольський П. А. Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. №120. С. 36-42.

10. Єрмаков С. В., Белова Т. О. Фармакологічні властивості, біологічні особливості та технологія вирощування гісопу лікарського. Матеріали II науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні проблеми вирощування та переробки продукції рослинництва». Полтава : Полтавська державна аграрна академія, 2014. С. 33–35.

11. Котюк Л. Біохімічний склад інтродуцента *Hyssopus officinalis* L. Залежно від сортових особливостей. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2013. Вип. 62. С. 302–308.

12. Котюк Л. Особливості мікоморфологічної будови гісопу лікарського. *Modern Phytomorphology*. 2016. 10. С. 59–67.

13. Котюк Л. А., Рахметов Д. Б., Вергун О. М., Котюк С. В. Біохімічні особливості гісопу лікарського у зв'язку з інтродукцією в умовах Полісся України. Мат. Другої міжнародної наукової та закритої Інтернет-конференції "Лікарська гентодта: від досвіду минулого до сучасних технологій"-Полтава, 2013. С. 46 – 50.

14. Лиховид П. В. Зрошення в Україні з огляду на сучасну кліматичну ситуацію. International scientific conference «The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex» (December 28–29, Lublin, the Republic of Poland). Lublin, 2021. С. 20–21.

15. Манушкіна Т. М. Ріст, розвиток та формування продуктивності лаванди вузьколистої в умовах Південного Степу України. *Scientific Horizons*. 2019. № 7 (80). С. 48 – 54.

16. Мірзоева Т. В. Тенденції розвитку виробництва лікарських, пряних і ефіроолійних рослин в Україні. Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі : зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих учених (м. Чернігів, 8-9 квіт. 2020 р.) : збірник тез доп. Чернігів, 2020. С. 393–396.

17. Панфілова А. В., Бєлов Я. В. Поживний режим ґрунту залежно від деструктора Екостерн Класичний та способу основного обробітку ґрунту. *Аграрні інновації*. 2022. №16. С. 60 – 65.

18. Свиденко Л. В., Єжов В. М. Перспективи вирощування деяких ефіроолійних культур у Степу Південному. *Вісник аграрної науки*. 2015. С. 20 – 24.

19. 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. 155-161.

20. Степаненко С. М., Польовий А. М., Шкільний Є. П. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2011. 696 с.

21. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Агробіологічні особливості гісопа лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) та його значення для півдня України. Вплив змін клімату на онтогенез рослин : мат-ли доп. Міжнар. наук.-практ. конф., 3–5 жовтня 2018 р., м. Миколаїв. Миколаїв, 2018. С. 18–20.

22. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Морфологічні особливості гісопу лікарського. Рослинництво ХХІ столітті: виклики та інновації : матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. до 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБіП України, м. Київ, 25 – 27 верес. 2019 р. Київ, 2019. С. 35-37.

23. A'cimovi'c M., Pezo L., Zeremski T., Lon'car B., Marjanovi'c Jeromela A., Stankovi'c Jeremic J., Cvetkovi'c M., Sikora V., Ignjatov M. Weather conditions influence on hyssop essential oil quality. *Processes*. 2021. 9. 1152.

24. Ahmadi H., Babalar M., Sarcheshmeh M. A. A., Morshedloo M. R., Shokrpour, M. Effects of exogenous application of citrulline on prolonged water stress damages in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.): Antioxidant activity, biochemical indices, and essential oils profile. *Food Chem*. 2020. 333. P. 127433.

25. Bagarello V., Di Piazza C.V., Ferro V. Recenti acquisizioni nel settore delle sistemazioni idraulico-forestali. Indagine di campo sull'efficacia del Vetiver per la conservazione del suolo e dell'acqua. *Quaderni di idronomia montana*. 2004. № 24. P. 413–431.

26. Détár E., Németh É. Z., Gosztola B., Demján I., Pluhár Z. Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). *Biochemical Systematics and Ecology*. 2020. 90(11). 104020.

27. Duran Zuazo V. H., Francia Martínez J. R., Martínez Raya A. Impact of vegetative cover on runoff and soil erosion at hillslope scale in Lanjaron, Spain. *The Environmentalist*. 2004. № 24. P. 39–48.

28. Ghanbari-Odivi A., Fallah S., Carrubba A. (2024). Optimizing Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivation: effects of different manures on plant growth and essential oil yield. *Horticulturae*. 10(9). 894.

29. 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. 15(6). P. 193-207.

30. Kizil S., Hasimi N., Tolan V., Kilinc E., Karatas H. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) essential oil. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010. 38. P. 99–103.

31. Kotyuk L. A., Shvaika O. V. Seasonal rhythms of *Hyssopus officinalis* L. cultivated in Zhytomyr Polissya. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. 8(1). P. 335–341.

32. Markovska O. Y., Svydenko L. V., Dudchenko V. V., Sydiakina O. V. Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda* L. varieties under conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. 21(8). P. 99-107. <https://doi.org/10.12911/22998993/127093>

33. Moro A., Zalacain A., de Mendoza J. H., Carmona M. Effects of agronomic practices on volatile composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oils. *Molecules*. 2011. 16. P. 4131–4139.

34. Popa C. L., Lupitu A., Mot M. D., Copolovici L., Moisa C., Copolovici D. M. Chemical and biochemical characterization of essential oils and

their corresponding hydrolats from six species of the *Lamiaceae* family. *Plants*. 2021. 10. 2489.

35. Roy S., Roy D. Use of medicinal plant and its vulnerability due to climate change in Northern Part of Bangladesh. *American Journal of Plant Sciences*. 2016. № 7. P. 1782–1793. doi: 10.4236/ajps.2016.713166.

36. Samany S. M. A., Pirbalouti A. G., Malekpoor F. Phytochemical and morpho-physiological changes of hyssop in response to chitosan-spraying under different levels of irrigation. *Industrial Crops and Products*. 2022. Vol. 176. 114330.

37. Tavakoli M., Aghajani Z. The effects of draught stress on the components of the essential oil of *Hyssopus officinalis* L. and determining the antioxidative properties of its water extracts. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*. 2016. 6. P. 31–36.

38. 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. *Tavrian Scientific Herald*. 2023. Vol. 131. P. 36-45.

## РОЗДІЛ 5.

### ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО

Сучасні світові та вітчизняні тенденції на споживчому аграрному ринку впродовж тривалого часу засвідчують зростання попиту на продукцію парфумерного, фармацевтичного, оздоровчого призначення, що має рослинне походження. Крім загальноновизнаних сфер використання аграрної продукції (харчова, кормовиробнича та переробна промисловість) суттєвого розвитку набули такі напрями як біоенергетика, органічне виробництво та естетично-оздоровчі послуги (зелений туризм). Для надання останніх найбільш часто використовують саме насадження ефіроолійних культур [4, 6].

Очікується, що глобальний ринок продуктів рослинного походження, включаючи лікарські засоби рослинного походження, дієтичні харчові добавки, косметику та парфумерію, досягне понад 100 мільярдів доларів США через старіння населення та зростання обізнаності про рослинні препарати. Встановлено, що недовикористана частина лікарських рослин і відходи дистиляції ароматичних рослин є досить перспективними для добування фітохімікатів, а також фенольних речовин-антиоксидантів для фармацевтичної, косметичної та парфумерної промисловості [7].

Донині сектор ефіроолійного і лікарського рослинництва залишається не досить розвинутим в Україні, а попит на продукцію суттєво перевищує пропозицію на внутрішньому ринку. Найпоширенішими у виробництві ефіроолійними культурами в Україні є шавлія, м'ята, лаванда, фенхель і гісоп переважно завдяки їхній високій економічній ефективності [2].

Нішевою галуззю сільськогосподарського виробництва, яка все більше привертає увагу товаровиробників через зростання попиту на вітчизняну лікарську рослинну сировину як на внутрішньому, так і на зовнішньому

споживчих ринках є лікарське рослинництво [5]. Лікарські рослини є цінними у всьому світі джерелами рослинних і біологічно активних продуктів, і вони знаходяться під загрозою через надмірну експлуатацію насаджень, збір і використання. Зростання населення та зміни клімату є додатковими факторами, які ще більше поставили під загрозу ці рослини. При цьому, галузь промисловості використання лікарських рослин має великий потенціал для розвитку світової економіки [8].

Культивування лікарських рослин у богарних умовах або на низьковрожайних землях, а іноді й виділення національних земель навколо сіл для вирощування лікарських рослин, має багато переваг: економія сільськогосподарського споживання води, зменшення навантаження на природу, збереження води та ґрунту, створення робочих місць і диверсифікованих доходів, зменшення міграції, активізацію сільської економіки [3].

Аналіз сучасного стану лікарських культур показує суттєві відмінності у процесах виробництва, логістики, екологічного менеджменту, сертифікації та інших фінансових та організаційних аспектах, вирішення яких сприяє екологізації сільського господарства, розвитку сільських територій, стабілізації ринку лікарських рослин. Важливою умовою переходу лікарських рослин до збалансованого розвитку є необхідність забезпечення балансу екологічної, економічної та соціальної функції лікарських рослин, удосконалення системи їх вирощування [1].

Вирощування лікарських рослин слід вважати елементом ринку, тому що вони мають стійкий та стабільний збут продукції [1]. Саме тому вирощування лікарських рослин, в тому числі і гісопу лікарського, є економічно доцільним.

Нашими дослідженнями визначено, що вирощування гісопу лікарського в перший рік використання майже не забезпечує позитивний рівень рентабельності (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Вплив мінеральних добрив та зрошення на економічну ефективність  
вирощування гісопу лікарського**

| Рівень зволоження              | Удобрення   | Показники               |                           |                                   |                                 |                       |                          |
|--------------------------------|---|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                |   | збір ефірної олії, л/га | виробничі витрати, 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                        |
| <b>перший рік використання</b> |   |                         |                           |                                   |                                 |                       |                          |
| 80-70-70% НВ                   | Контроль (без добрив)   | 20,7                    | 82,31                     | 3976,3                            | 49,68                           | -32,63                | -39,6                    |
|                                | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид   | 38,7                    | 89,51                     | 2312,9                            | 92,88                           | 3,37                  | 3,8                      |
|                                | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом | 51,4                    | 89,51                     | 1741,4                            | 123,36                          | 33,85                 | 37,8                     |
| 90-80-70% НВ                   | Контроль (без добрив)   | 30,2                    | 104,31                    | 3453,9                            | 72,48                           | -31,83                | -30,5                    |
|                                | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид   | 42,6                    | 111,51                    | 2617,6                            | 102,24                          | -9,27                 | -8,3                     |
|                                | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом | 54,7                    | 111,51                    | 2038,6                            | 131,28                          | 19,77                 | 17,7                     |
| <b>другий рік використання</b> |   |                         |                           |                                   |                                 |                       |                          |
| 80-70-70% НВ                   | Контроль (без добрив)   | 26,7                    | 47,95                     | 1795,9                            | 64,08                           | 16,13                 | 33,6                     |
|                                | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид   | 47,3                    | 55,15                     | 1165,9                            | 113,52                          | 58,37                 | 105,8                    |
|                                | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом | 71,0                    | 55,15                     | 776,8                             | 170,4                           | 115,25                | 208,9                    |
| 90-80-70% НВ                   | Контроль (без добрив)   | 35,4                    | 69,95                     | 1975,9                            | 84,96                           | 15,01                 | 21,5                     |
|                                | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид   | 49,8                    | 77,15                     | 1549,2                            | 119,52                          | 42,37                 | 54,9                     |
|                                | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з поливом | 74,8                    | 77,15                     | 1031,4                            | 179,52                          | 102,37                | 132,7                    |

Продовження таблиці 5.1

| 1                       | 2   | 3    | 4     | 5      | 6      | 7      | 8     |
|-------------------------|---|------|-------|--------|--------|--------|-------|
| третій рік використання |   |      |       |        |        |        |       |
| 80-70-70% НВ            | Контроль<br>(без добрив)  | 39,9 | 47,95 | 1201,8 | 95,76  | 47,81  | 99,7  |
|                         | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид   | 56,6 | 55,15 | 974,4  | 135,84 | 80,69  | 146,3 |
|                         | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид +<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з<br>поливом | 78,2 | 55,15 | 705,2  | 187,68 | 132,53 | 240,3 |
| 90-80-70% НВ            | Контроль<br>(без добрив)  | 47,8 | 69,95 | 1463,4 | 114,72 | 44,77  | 64,0  |
|                         | N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> врозкид   | 61,6 | 77,15 | 1252,4 | 147,84 | 70,69  | 91,6  |
|                         | N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> врозкид +<br>N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> з<br>поливом | 82,9 | 77,15 | 930,6  | 198,96 | 121,81 | 157,9 |

Це можна пояснити, насамперед, високою вартістю саджанців культури та витрат на їх висаджування. Так, у досліді №1 нами визначено, що лише використання варіанту удобрення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> врозкид + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub> з поливом, незалежно від рівня зволоження, забезпечувало 17,7 – 37,8% рівень рентабельності. Всі інші варіанти вирощування гісопу лікарського у перший рік його використання є збитковим, особливо на варіанті без удобрення. Збиток від цього варіанту досліді склав 31,83 – 32,63 тис. грн/га.

Починаючи з другого року використання прибуток від вирощування гісопу лікарського, незалежно від варіанту досліді, зростав і склав 15,01 - 115,25 тис. грн/га, що можна пояснити меншими виробничими витратами на вирощування культури. При цьому, рівень рентабельності вирощування культури склав 21,5 – 208,9%.

Така ж тенденція спостерігалася і щодо економічної ефективності вирощування гісопу лікарського у третій рік використання насаджень, але показники були дещо вищими порівняно з попередніми роками використання насаджень. Так, прибуток від реалізації ефірної олії склав 44,77 - 132,53 тис. грн, а рівень рентабельності 64,0 – 240,3% залежно від варіанту досліді.

Слід відмітити, що незалежно від року використання, найвищі показники економічної ефективності вирощування гісопу лікарського забезпечував варіант використання мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом та рівня зволоження 80-70-70% НВ. Так, рівень рентабельності вирощування гісопу лікарського за даного варіанту дослідів склав 37,8 – 240,3% з найвищими показниками у третій рік використання насаджень, що перевищило показники контролю на 58,5 відсоткових пунктів.

Нашими дослідженнями встановлено, що застосування позакореневих підживлень насаджень у період вегетації гісопу лікарського по фоні внесення мінеральних добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$ , незалежно від року використання насаджень, забезпечувало найвищі показники економічної ефективності вирощування культури (табл. 5.2 – 5.4).

Так, використання препарату Хелафіт комбі двічі за період вегетації забезпечувало одержання прибутку на рівні 82,89 – 309,67 тис. грн/га залежно від року використання насаджень. При цьому, рівень рентабельності вирощування культури склав 70,6 – 428,2%.

Таблиця 5.2

**Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення (перший рік використання насаджень)**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Показники               |                           |                                   |                                 |                       |                          |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                 |                          | збір ефірної олії, л/га | виробничі витрати, грн/га | собівартість, ефірної олії, грн/л | вартість продукції, тис. грн/га | прибуток, тис. грн/га | рівень рентабельності, % |
| Контроль                        | Контроль                 | 14,06                   | 104,31                    | 7418,9                            | 33,74                           | -70,57                | -67,7                    |
|                                 | Квантум-технічні         | 20,32                   | 105,13                    | 5173,7                            | 48,77                           | -56,36                | -53,6                    |
|                                 | Хелафіт комбі            | 23,68                   | 105,49                    | 4454,8                            | 56,83                           | -48,66                | -46,1                    |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 30,73                   | 105,95                    | 3447,8                            | 73,75                           | -32,20                | -30,4                    |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 38,06                   | 106,64                    | 2801,9                            | 91,34                           | -15,30                | -14,3                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль                 | 32,83                   | 110,11                    | 3353,9                            | 78,79                           | -31,32                | -28,4                    |
|                                 | Квантум-технічні         | 42,89                   | 110,93                    | 2586,4                            | 102,94                          | -7,99                 | -7,2                     |
|                                 | Хелафіт комбі            | 50,63                   | 111,29                    | 2198,1                            | 121,51                          | 10,22                 | 9,1                      |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 58,34                   | 111,75                    | 1915,5                            | 140,02                          | 28,27                 | 25,3                     |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 63,98                   | 112,44                    | 1757,4                            | 153,55                          | 41,11                 | 36,6                     |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль                 | 54,81                   | 115,11                    | 2100,2                            | 131,54                          | 16,43                 | 14,3                     |
|                                 | Квантум-технічні         | 60,55                   | 115,93                    | 1914,6                            | 145,32                          | 29,39                 | 25,4                     |
|                                 | Хелафіт комбі            | 74,21                   | 116,29                    | 1567,0                            | 178,10                          | 61,81                 | 53,2                     |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 77,46                   | 116,75                    | 1507,2                            | 185,90                          | 69,15                 | 59,2                     |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 83,47                   | 117,44                    | 1406,9                            | 200,33                          | 82,89                 | 70,6                     |

Таблиця 5.3

**Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення (другий рік використання насаджень)**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Показники               |                           |                                   |                                 |                       |                          |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                 |                          | збір ефірної олії, л/га | виробничі витрати, грн/га | собівартість, ефірної олії, грн/л | вартість продукції, тис. грн/га | прибуток, тис. грн/га | рівень рентабельності, % |
| Контроль                        | Контроль                 | 28,41                   | 69,95                     | 2462,2                            | 68,18                           | -1,77                 | -2,5                     |
|                                 | Квантум-технічні         | 39,62                   | 70,77                     | 1786,2                            | 95,09                           | 24,32                 | 34,4                     |
|                                 | Хелафіт комбі            | 51,20                   | 71,13                     | 1389,3                            | 122,88                          | 51,75                 | 72,8                     |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 53,61                   | 71,59                     | 1335,4                            | 128,67                          | 57,08                 | 79,7                     |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 61,89                   | 72,31                     | 1168,4                            | 148,54                          | 76,23                 | 105,4                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль                 | 48,48                   | 69,95                     | 1442,9                            | 116,35                          | 46,40                 | 66,3                     |
|                                 | Квантум-технічні         | 62,16                   | 70,77                     | 1138,5                            | 149,19                          | 78,42                 | 110,8                    |
|                                 | Хелафіт комбі            | 75,13                   | 71,13                     | 946,8                             | 180,31                          | 109,18                | 153,5                    |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 78,99                   | 71,59                     | 906,3                             | 189,58                          | 117,99                | 164,8                    |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 88,01                   | 72,31                     | 821,6                             | 211,23                          | 138,92                | 192,1                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль                 | 80,44                   | 69,95                     | 869,6                             | 193,06                          | 123,11                | 176,0                    |
|                                 | Квантум-технічні         | 93,67                   | 70,77                     | 755,5                             | 224,81                          | 154,04                | 217,7                    |
|                                 | Хелафіт комбі            | 102,80                  | 71,13                     | 691,9                             | 246,72                          | 175,59                | 246,9                    |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 106,37                  | 71,59                     | 673,0                             | 255,29                          | 183,70                | 256,6                    |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 116,81                  | 72,31                     | 619,0                             | 280,34                          | 208,03                | 287,7                    |

Таблиця 5.4

**Економічна ефективність вирощування гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення (третій рік використання насаджень)**

| Доза добрив                     | Позакореневе підживлення | Показники               |                           |                                   |                                 |                       |                          |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                 |                          | збір ефірної олії, л/га | виробничі витрати, грн/га | собівартість, ефірної олії, грн/л | вартість продукції, тис. грн/га | прибуток, тис. грн/га | рівень рентабельності, % |
| Контроль                        | Контроль                 | 5,64                    | 69,95                     | 1962,7                            | 85,54                           | 15,59                 | 22,3                     |
|                                 | Квантум-технічні         | 45,82                   | 70,77                     | 1544,5                            | 109,97                          | 39,2                  | 55,4                     |
|                                 | Хелафіт комбі            | 62,48                   | 71,13                     | 1138,4                            | 149,95                          | 78,82                 | 110,8                    |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 66,27                   | 71,59                     | 1080,3                            | 159,05                          | 87,46                 | 122,2                    |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 90,87                   | 72,31                     | 795,8                             | 218,09                          | 145,78                | 201,6                    |
| N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> | Контроль                 | 54,43                   | 69,95                     | 1285,1                            | 130,63                          | 60,68                 | 86,7                     |
|                                 | Квантум-технічні         | 74,41                   | 70,77                     | 951,1                             | 178,59                          | 107,82                | 152,4                    |
|                                 | Хелафіт комбі            | 85,8                    | 71,13                     | 829,0                             | 205,92                          | 134,79                | 189,5                    |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 89,18                   | 71,59                     | 802,8                             | 214,03                          | 142,44                | 198,9                    |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 120,47                  | 72,31                     | 600,2                             | 289,13                          | 216,82                | 299,8                    |
| N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> | Контроль                 | 102,92                  | 69,95                     | 679,7                             | 247,01                          | 177,06                | 253,1                    |
|                                 | Квантум-технічні         | 128,10                  | 70,77                     | 552,5                             | 307,44                          | 236,67                | 334,4                    |
|                                 | Хелафіт комбі            | 131,10                  | 71,13                     | 542,6                             | 314,64                          | 243,51                | 342,3                    |
|                                 | Квантум-технічні (двічі) | 135,50                  | 71,59                     | 528,3                             | 325,2                           | 253,61                | 354,3                    |
|                                 | Хелафіт комбі (двічі)    | 159,16                  | 72,31                     | 454,3                             | 381,98                          | 309,67                | 428,2                    |

Слід відмітити, що як і в попередньому нашому досліді, вирощування гісопу лікарського в перший рік було збитковим. Лише поєднання внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> та проведення позакореневих підживлень насаджень двічі за вегетацію препаратами Квантум-технічні та Хелафіт

комбі, а також внесення добрив в дозі  $N_{90}P_{90}$  незалежно від варіанту застосування позакореневого підживлення забезпечувало прибуток.

### **Висновки до розділу 5:**

1. Вирощування гісопу лікарського у перший рік використання насаджень є неприбутковим за рахунок високої вартості посадкового матеріалу.

2. Найвищі показники економічної ефективності вирощування гісопу лікарського у 2017 – 2020 рр. забезпечував варіант використання мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом та рівня зволоження 80-70-70% НВ. Так, рівень рентабельності вирощування гісопу лікарського за даного варіанту дослідів склав 37,8 – 240,3% з найвищими показниками у третій рік використання насаджень, що перевищило показники контролю на 58,5 відсоткових пунктів.

3. Використання препарату Хелафіт комбі двічі за період вегетації гісопу лікарського забезпечувало прибуток від реалізації ефірної олії на рівні 82,89 – 309,67 тис. грн/га залежно від року використання насаджень, а рівень рентабельності вирощування культури склав 70,6 – 428,2%.

### **Список використаних джерел до розділу 5:**

1. Бойко Л. Економічна ефективність виробництва лікарських рослин та перспективи трав'яного бізнесу. *Таврійський науковий вісник*. 2021. 9. С. 17-25.

2. Мірзоєва Т. В. Щодо економічної доцільності виробництва лікарських ефіроолійних культур. Актуальні питання економіки в забезпеченні цілей сталого розвитку: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 65-річчю кафедри економіки підприємства ім. проф. І. Н. Романенка (м. Київ, 4 жовтня 2019 р.). Київ, 2019. С. 101–102.

3. Оніпко В. В., Гордівська С. В. Вплив агроекологічних чинників на врожайність і якість лікарських культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (2). С. 34–38.

4. Ушкаренко В. О., Чабан В. О., Аверчев О. В., Лавренко С. О. Вплив обробітку ґрунту на забур'яненість посівів та урожайність шавлії мускатної різних років вегетації в умовах краплинного зрошення півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 140–147.

5. Шатковський А. П., Приведенюк Н. В., Глущенко Л. А. Ефективність агротехнічних прийомів вирощування лікарських культур на зрошенні. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 2. С. 166–176.

6. Dudchenko V., Svydenko L., Markovska O., Sydiakina O. Morphobiological and biochemical characteristics of *Monarda L.* varieties under conditions of the southern Steppe of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. № 21 (8). P. 99–107.

7. Saha A., Basak B.B. Scope of value addition and utilization of residual biomass from medicinal and aromatic plants. *Industrial Crops and Products*. 2020. Vol. 145. 111979.

8. Shafi A., Hassan F., Zahoor I., Majeed U., Khanday F. A. Biodiversity, management and sustainable use of medicinal and aromatic plant resources. *Medicinal and Aromatic Plants*. 2021. P. 85 – 111.

## ВИСНОВКИ

1. Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної аграрної академії України знаходиться в зоні Південного Степу України – зоні ризикованого землеробства. Основним лімітуючим фактором одержання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур є вологозабезпеченість.

Сумарне водоспоживання гісопу лікарського різнилося за роками використання насаджень культури. Найвищим сумарне водоспоживання насаджень гісопу лікарського було визначеним у другий рік використання насаджень – у середньому за варіантами дослідів  $4347,5 \text{ м}^3/\text{га}$ , що перевищило показники першого та третього року використання насаджень на 39,2 – 46,4%. Найбільшими показники сумарного водоспоживання були відмічені за використання для позакореневого підживлення насаджень рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препарату Хелат комбі по фоні внесення мінеральних добрив в дозі  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}$  –  $2477 - 4410 \text{ м}^3/\text{га}$  залежно від року використання насаджень.

Найбільш ефективно витрачали вологу на створення урожайності рослини гісопу лікарського третього року використання. Так, коефіцієнт водоспоживання, у середньому по варіантах дослідів, у 2022 р. склав  $322,7 \text{ м}^3/\text{т}$ , що менше порівняно з першим (2020 р.) та другим (2021 р.) роком використання насаджень гісопу лікарського на 51,5 – 52,6%.

2. Упродовж вегетації гісопу лікарського вміст основних рухомих елементів живлення у ґрунті знижувався внаслідок їх використання рослинами на формування врожаю та інших ростових процесів рослин. За внесення мінеральних добрив у дозі  $\text{N}_{90}\text{P}_{90}$  і особливо за проведення у фази гілкування та бутонізації позакореневого підживлення препаратами Квантум-технічні та Хелат комбі в ґрунті залишається дещо більше рухомих форм азоту, фосфору та калію незалежно від року використання насаджень гісопу лікарського.

3. Формування лінійних розмірів рослин гісопу лікарського залежить від застосування мінеральних добрив. У середньому за роки досліджень та по всіх варіантах зволоження, внесення  $N_{60}P_{60}$  врозкид забезпечувало збільшення висоти відносно контрольного варіанта на 15,7 – 33,9% залежно від року використання насаджень. Поєднання внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом забезпечувало найбільший приріст – на 37,1 – 46,2% залежно від року використання насаджень.

Незалежно від року використання насаджень, найвищими рослини гісопу лікарського на початку фази цвітіння були за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та дворазової обробки насаджень у період вегетації препаратом Хелафіт комбі. Рослини третього року використання за даного варіанту досліду мали висоту 87,5 см, що перевищило показники контролю на 39,6 см або на 45,3%

Коефіцієнт кореляції між висотою рослин гісопу лікарського та врожайністю надземної зеленої маси на першому році використання залежно від застосованих сучасних рістрегулюючих препаратів та кратності їх використання коливається від 0,9706 до 0,9862, на другому році використання – від 0,9869 до 0,9983, на третьому році використання – від 0,9735 до 0,9999.

4. Найбільшою кількістю пагонів першого та другого порядків, незалежно від року використання насаджень, була за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі позакореневих підживлень препаратом Хелафіт комбі. За даного варіанта досліду рослинами першого року використання було сформовано 18 пагонів першого порядку та 42 пагони другого порядку, рослинами другого року використання – відповідно 18 та 59 пагонів, а третього року використання - 21 та 62 пагонів, що перевищило показники контролю відповідно на 13 та 35; 12 та 41; 14 та 43 пагонів.

Застосування зволоження на рівні 90-80-70% НВ та внесення мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло формуванню більшої кількості пагонів рослин гісопу лікарського на початку фази цвітіння

– 59 – 90 шт./1рослину залежно від року використання.

5. Максимальні розміри куща гісопу лікарського, незалежно від року використання насаджень, були відмічені за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення двічі за вегетацію підживлень рослин препаратом Хелафіт комбі. Рослини першого року використання за даного варіанту живлення мали діаметр куща 32 см, другого року – 66 см, а третього – 97 см, що відповідно перевищило показники контролю на 17; 26 та 43 см або на 53,1; 39,4 та 44,3%.

Внесення мінеральних добрив на фоні зрошення збільшувало діаметр куща гісопу лікарського. У середньому за роки досліджень та по варіантам зволоження, на варіанті внесенні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}$  врозкид діаметр куща порівняно до контрольного варіанту досліді підвищилася на 9,5 – 12,0 см або на 14,5 – 31,7%, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – на 15,0 – 24,0 см або на 23,8 – 42,3% залежно від року використання насаджень.

6. Найвищу врожайність зеленої надземної маси рослини гісопу лікарського сформували на третій рік використання насаджень – у середньому по варіантах досліді, було одержано 7,51 т/га зеленої надземної маси, що перевищило врожайність рослин гісопу лікарського першого року використання на 2,63 т/га або на 35,0%, а другого року використання – на 0,67 т/га або на 8,9%.

Максимальну врожайність гісопу лікарського визначено за сумісного використання мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та проведення по їх фоні позакореневих підживлень двічі за вегетацію препаратами Квантум – технічні та Хелафіт комбі, за яких на третій рік використання насаджень урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського склала 9,61 – 10,01 т/га, що перевищило показники контролю на 4,66 – 5,06 т/га або на 48,5 – 50,5%

На варіанті внесенні мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}$  врозкид урожайність порівняно до контрольного варіанту досліді підвищилася на 10,5 – 23,9%, а за внесення  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом – на 38,1 – 45,1% залежно від року використання насаджень.

Режим зрошення 90-80-70% НВ, у середньому за роки досліджень, забезпечував одержання вищої врожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського на 1,0 – 11,6% залежно від варіанту удобрення та року використання насаджень.

7. Найвищим умістом ефірної олії у сирій біомасі рослин характеризувався варіант сумісного застосування мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та позакореневого підживлення рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препаратом Хелафіт комбі. Масова частка ефірної олії у сирій біомасі гісопу лікарського другого року використання склала 1,32% (у середньому за роки вирощування), а рослин третього року використання – 1,59%, що перевищило контроль відповідно на 0,75 та 0,87%.

Використання зволоження на рівні 90-80-70% НВ та мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом сприяло зростанню масової частки ефірної олії гісопу лікарського на 29,6 – 34,8 відсоткових пунктів, а варіанту удобрення  $N_{60}P_{60}$  врозкид – на 25,9 – 29,8 відсоткових пунктів залежно від року використання насаджень.

8. Найвищі показники економічної ефективності вирощування гісопу лікарського забезпечував варіант використання мінеральних добрив  $N_{30}P_{30}$  врозкид +  $N_{30}P_{30}$  з поливом та рівня зволоження 80-70-70% НВ. Рівень рентабельності вирощування гісопу лікарського за даного варіанту дослідження склав 37,8 – 240,3% з найвищими показниками у третій рік використання насаджень, що перевищило показники контролю на 58,5 відсоткових пунктів.

Використання препарату Хелафіт комбі двічі за період вегетації гісопу лікарського забезпечувало прибуток від реалізації ефірної олії на рівні 82,89 – 309,67 тис. грн/га залежно від року використання насаджень, а рівень рентабельності вирощування культури склав 70,6 – 428,2%

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах Південного Степу України на чорноземі південному залишковому – слабкосолонцюватому важко-суглинковому на лесах з метою отримання врожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського третього року використання насаджень на рівні 5,84 т/га та рівня рентабельності виробництва 157,9% пропонуємо вносити мінеральні добрива в дозі  $N_{30}P_{30}$  врозкид+  $N_{30}P_{30}$  з поливом та дотримуватися рівня зволоження 90-80-70% НВ.

З метою ефективного використання вологи, елементів живлення з ґрунту, отримання врожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського третього року використання насаджень на рівні 10,01 т/га та рівня рентабельності виробництва 428,2% пропонуємо вносити мінеральні добрива в дозі  $N_{90}P_{90}$  і проводити на їх фоні позакореневі підживлення у фазу гілкування та додатково у фазу бутонізації препаратом Хелафіт комбі (2,0 л/га щоразу).

## ДОДАТКИ

## АКТ про впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація) Засць С. О., Добровольський П. А.,  
Інститут кліматично орієнтованого сільського  
господарства НААН України

Назва розробки Удосконалення технології вирощування гісопу  
лікарського в умовах Навчально-науково-практичного центру  
Миколаївського національного аграрного університету

| Коротка характеристика розробки   | Результати впровадження   |
|---|---|
| <p>Упродовж 2023-2024 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету було застосовано позакореневе підживлення рослин гісопу лікарського препаратом Хелафіт комбі (2,0 л/га щоразу) двічі за вегетацію по фону внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>.</p> <p>За використання для позакореневого підживлення рослин гісопу лікарського препарату Хелафіт комбі по фону внесення N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> у виробничих умовах було доведено позитивну дію на підвищення урожайності та якості зеленої надземної маси гісопу лікарського другого року використання.</p> | <p>Площа, га: 0,2</p> <p>Урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського за використання препарату Хелафіт комбі по фону внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> зросла на 1,71 т/га або на 22,8% порівняно до контрольного варіанту.</p> <p>Масова частка ефірної олії гісопу лікарського за використання Хелафіту комбі по фону внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> склала 1,28% від сирової біомаси рослин, що перевищило показники контрольного варіанту на 24,8 відсоткових пунктів.</p> |

Представник від господарства  
Директор ННПЦ МНАУ  
М.П.

(Фінансовими відносинами не являється)  
Микола КАРПЕНКО

Представник від колективу  
авторів розробки

Петро ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ



## АКТ про впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація) Заєць С. О., Добровольський П. А.,  
Інститут кліматично орієнтованого сільського  
господарства НААН України

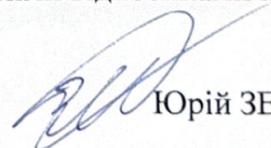
Назва розробки Удосконалення технології вирощування гісопу  
лікарського в умовах Миколаївської державної сільськогосподарської  
дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського  
господарства НААН України

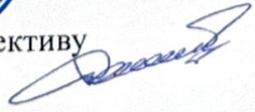
| Коротка характеристика розробки   | Результати впровадження   |
|---|---|
| <p>Упродовж 2023-2024 рр. в умовах Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України було застосовано позакореневе підживлення рослин гісопу лікарського препаратом Хелафіт комбі (2,0 л/га щоразу) двічі за вегетацію по фоні внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>.</p> <p>За використання для позакореневого підживлення рослин гісопу лікарського препарату Хелафіт комбі по фоні внесення N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> у виробничих умовах було доведено позитивну дію на вміст елементів живлення у ґрунті і підвищення урожайності зеленої надземної маси гісопу лікарського третього року використання.</p> | <p>Площа, га: 0,5</p> <p>Вміст рухомих елементів живлення в шарі ґрунту 0 – 40 см під насадженнями гісопу лікарського третього року використання на початку фази цвітіння був вищим у варіанті застосування препарату Хелафіт комбі по фоні внесення N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> порівняно до контрольного варіанту. Так, вміст нітратів у ґрунті збільшився на 20,3%, рухомого фосфору – на 10,5%, обмінного калію – на 12,4%.</p> <p>Урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського за використання препарату Хелафіт комбі по фоні внесення мінеральних добрив в дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> зроста на 1,27 т/га або на 19,6% порівняно до контрольного варіанту.</p> <p>Рівень рентабельності вирощування культури за впроваджених елементів технології склав 248,3%.</p> |

(Фінансовими відносинами не являється)

Представник від господарства:  
В.О. директор МДС ДС ІКОСТ НААН  
М.П.

Представник від колективу  
авторів розробки

  
Юрій ЗЕЛІНСЬКИЙ

  
Петро ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ

## АКТ про впровадження науково-технічної розробки

автор розробки (організація) Заєць С. О., Добровольський П. А.,  
Інститут кліматично орієнтованого сільського  
господарства НААН України

Назва розробки Удосконалення технології вирощування гісопу  
лікарського в умовах ТОВ «ПАЕК-ПІВДЕНЬ»

| Коротка характеристика розробки  | Результати впровадження  |
|--|--|
| <p>Упродовж 2023-2024 рр. в умовах ТОВ «ПАЕК-ПІВДЕНЬ» за вирощування гісопу лікарського було застосовано внесення <math>N_{30}P_{30}</math> врозкид+ <math>N_{30}P_{30}</math> з поливом і дотримання рівня зволоження 90-80-70% НВ.</p> <p>У виробничих умовах було доведено позитивну дію внесення <math>N_{30}P_{30}</math> врозкид+ <math>N_{30}P_{30}</math> з поливом і рівня зволоження 90-80-70% НВ на покращення показників росту і розвитку рослин гісопу лікарського першого року використання, підвищення урожайності та якості зеленої надземної маси .</p> | <p>Площа, га: 0,5</p> <p>Урожайність зеленої надземної маси гісопу лікарського за внесення <math>N_{30}P_{30}</math> врозкид + <math>N_{30}P_{30}</math> з поливом і рівня зволоження 90-80-70% НВ зростає на 1,03 т/га або на 14,5% порівняно до контролю.</p> <p>Застосування <math>N_{30}P_{30}</math> врозкид+ <math>N_{30}P_{30}</math> з поливом і рівня зволоження 90-80-70% НВ забезпечило приріст масової частки ефірної олії гісопу лікарського на 17,3 відсоткових пунктів порівняно з контрольним варіантом.</p> |

(Фінансовими відносинами не являється)



Представник від господарства:  
Директор ТОВ «ПАЕК-ПІВДЕНЬ»  
М.П.

Інна БОЙКО

Представник від колективу  
авторів розробки

Петро ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Добровольський П. А.** Параметри продуктивності гісопу лікарського за вирощування в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. №120. С. 36 – 42. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.5> (100% авторства – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, математична обробка результатів, написання статті).

2. **Добровольський П. А.** Водоспоживання гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. №26. С. 175 – 181. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.26> (100% авторства – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, математична обробка результатів, написання статті).

3. **Добровольський П. А.** Вплив оптимізації живлення на урожайність *Hyssopus officinalis* L. в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації*. 2024. №27. С. 183 – 188. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.27.28> (100% авторства – ідея, виконання експериментальних досліджень, науково-пошукової роботи, математична обробка результатів, написання статті).

### Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. **Dobrovolskyi P., Andriichenko L., Kachanova T., Manushkina T.** Creating hyssop phytocenoses in anthropogenically transformed ecosystems. E3S Web of Conferences 255. ISCMEE 2021. 01009. P. 1-7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501009> (МНМБД Scopus)

5. **Добровольський П. А.,** Домарацький Є. О. Перспективи вирощування гісопу лікарського на півдні України. *Гідротехнічне будівництво: минуле, сьогодні, майбутнє* : матеріали IV всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Херсон, 28 – 29 жовтня 2021 р.). Херсон : ХДАЕУ, 2021. С. 156 – 158.

6. Коваленко О. А., Андрійченко Л. В., **Добровольський П. А.** Перспективи дослідження ефіроолійних культур на Миколаївщині. *Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур* : матеріали X міжнарод. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів. (с. Центральне, 29 квітня 2022 р.). С. 49.

7. **Добровольський П. А.** Дія препарату Хелафіт комбі на продуктивність багаторічних насаджень гісопу лікарського. *Сучасні технології та системи захисту рослин*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., присвяченої 120-річчю від дня народження видатних учених із захисту рослин – ентомолога, професора Чугуніна Я.В. та фітопатолога, доцента Юганової О.М. (м. Херсон, 25 травня 2022 р.). Херсон: ХДАЕУ, 2022. С. 37-39.

8. **Добровольський П. А.** Вплив добрив та біопрепаратів на продуктивність гісопу лікарського. *Інноваційно-інвестиційний розвиток аграрної сфери – запорука продовольчої безпеки країни*: доповіді учасників міжнар. наук.-практ. конф. Міжнар. форуму (м. Миколаїв, 26 травня 2022 р.). / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2022.р. С. 34 – 36.

9. **Добровольський П. А.** Вирощування гісопу лікарського у якості фітомеліоранту на техногенно порушених територіях. *Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети* : матеріали міжнар. наук.-практ. Онлайн-конф. (м. Одеса, 30 вересня 2022 р.). Одеса: ІКОСГ НААН, 2022. С. 237 – 240.

10. **Добровольський П.,** Андрійченко Л., Коваленко О. Ефіроолійні рослини та їх значення у сучасному світі. *Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових досліджень у виробництво* : матеріали V міжнар.

наук.-практ. конф. (м. Миколаїв, 19-21 жовтня 2022 р.). Миколаїв: МНАУ, 2022 С. 75 – 78.

11. **Dobrovolskyi P. A.** Biological reclamation of anthropogenically transformed lands with the help hyssopus officinalis. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку* : збірник матеріалів V міжнар. наук.-практ. конф. (м. Херсон, 27-28 жовтня 2022 р.). Херсон: «Олді+», 2022. С. 82 – 85.

12. **Добровольський П. А.** Урожайність *Hyssopus Officinalis* L. в умовах Південного Степу України. *Інноваційні технології в рослинництві* : матеріали VIII всеукр. наук. інтерн.-конф. (м. Кам'янець-Подільський. Кам'янець-Подільський : ЗВО «Подільський державний університет», 25 квітня 2025 р.). Кам'янець-Подільський, 2025. С. 39 – 40.

13. **Добровольський П. А.** Вплив оптимізації живлення на Водоспоживання та урожайність гісопу лікарського в умовах південного Степу України. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри.* Міжнародний форум : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 травня 2025 р., м. Миколаїв / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. Миколаїв: МНАУ, 2025. С. 59 – 62.

#### **Колективна монографія**

14. **Добровольський П. А.,** Андрійченко Л. В., Коваленко О. А., Качанова Т. В. Формування фітоценозів гісопу лікарського на техногенно трансформованих землях Миколаївщини. *The current state of fundamental and applied natural sciences research : collective monograph.* Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. P. 160 – 177. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-212-8-8>

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ  
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 10:08:28 13.03.2026

Назва файлу з підписом: Дисертація\_Добровольський П.А..pdf.asice  
Розмір файлу з підписом: 4.5 МБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Дисертація\_Добровольський П.А..pdf  
Розмір файлу без підпису: 4.9 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ ПЕТРО АНДРІЙОВИЧ

П.І.Б.: ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ ПЕТРО АНДРІЙОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3520209335

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 10:08:27  
13.03.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000001C89130232F85307

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.25 13:00