

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 635.744:631.67:631.811 (477.7)

<https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.26>ВОДОСПОЖИВАННЯ ГІСОПУ ЛІКАРСЬКОГО (*HYSSOPUS OFFICINALIS* L.) ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ П. А. – аспірант

orcid.org/ 0000-0003-1605-2879

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. 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].

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 [2].

Гісоп лікарський (*Hyssopus officinalis* L.) – перспективна ефіроолійна, пряноароматична, лікарська рослина-інтродуцент, яку останнім часом культивують у різних регіонах України [3].

За останнє десятиріччя південні регіони, які в попереднє десятиріччя належали до середньопосушливих, перейшли в категорію сильно посушливих, а слабо зволожені – у середньопосушливі [4]. Дослідження показали, що зміна кліматичних показників впливає на ріст і розвиток лікарських та ефіроолійних рослин. Передбачається, що багато видів рослин відреагують зміною ареалу або зникнуть у найближчому майбутньому [5].

Відомо, що на урожайність та вміст біологічно активних речовин у лікарських та ефіроолійних рослинах, зокрема і гісопу лікарського, впливають генетичні особливості рослин, агротехніка вирощування та погодні умови в період вегетації [6]. Тому, удосконалення елементів технології вирощування зазначених культур, в тому числі і гісопу лікарського, є актуальним в умовах кліматичних змін сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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 природ-

но-кліматичних зонах держави [7]. 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 [8, 9].

Гісоп лікарський це посухостійка лікарська рослина, 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 [10]. це також підтверджують дослідження Ghanbari-Odivi та ін. [11].

Результати досліджень А'сїмові'с та ін. [12] 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 β -пінен, тоді як опади – навпаки, негативно впливали на накопичення зазначених речовин.

Гісоп лікарський – це типовий ксерофіт, що добре пристосований до посухи [13]. Стрес від посухи збільшує кількість ефіроолійних сполук (від 27 у нестресованих рослин до 42 в умовах інтенсивного посушливого стресу). Крім того, за водного дефіциту зменшується вміст цис-пінокамфону ($C_{10}H_{16}O$) [14]. 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 [15]. 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 [].

За даними Samanу та ін. [17] 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.

Мета досліджень – встановити вплив оптимізації живлення насаджень гісопу лікарського на водоспоживання культури в умовах Південного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили

у 2019-2022 рр. в умовах Миколаївської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України.

Ґрунти дослідної ділянки – чорноземи південні малогумусні пилувато-важкосуглинкові на карбонатному лесі. Глибина гумусового шару 30 см, перехідного – 60 см. Реакція ґрунтового розчину близька до нейтральної (рН 6,5-6,8), гідролітична кислотність в межах 2,00-2,52 мг екв. на 100 г ґрунту. Наявність гумусу в орному шарі ґрунту 2,90%. За вмістом рухомих елементів ґрунт характеризується середнім вмістом нітратного азоту (30,0 мг/кг), середнім – рухомого фосфору (100 мг/кг) і дуже високим – обмінного калію (300,0 мг/кг).

Клімат на території господарства помірно-континентальний, теплий, посушливий, з нестійким сніговим покривом. Погодні умови за гідротермічними показниками в роки проведення досліджень різнилися, що дало можливість отримати об'єктивні результати.

Схема дослідів включала наступні варіанти:

Фактор А – доза мінеральних добрив: 1. Контроль; 2. $N_{45}P_{45}$; 3. $N_{90}P_{90}$.

Фактор В – позакореневе підживлення: 1. Контроль (обробка водою); 2. Квантум-технічні (у фазі гілкування); 3. Хелафіт комбі (у фазі гілкування); 4. Квантум-технічні (двічі у фазі гілкування та бутонізації); 5. Хелафіт комбі (двічі у фазі гілкування та бутонізації).

Агротехніка вирощування гісопу лікарського у досліді була загальноприйнятою для зони Південного Степу України, окрім факторів, що було взято на вивчення.

Проведення дослідів супроводжувалось обліками та аналізами за загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень. Нашими дослідженнями встановлено, що водний режим ґрунту під насадженнями гісопу лікарського залежав від факторів дослідів 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. 1).

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

Таблиця 1

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

Позакореневе підживлення	Запаси вологи у шарі 0-100 см, м³/га		Опади, м³/га	Поливи, м³/га	Сумарне водоспоживання, м³/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 ₄₅ P ₄₅					
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 ₉₀ P ₉₀					
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

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. 2).

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. 3).

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 м³/га, на другий рік – 100 м³/га, а на третій рік використання насаджень гісопу лікарського вона була найбільшою – 300 м³/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 м³/га, що перевищило показники першого та третього року використання насаджень на 1704,0 – 2018,2 м³/га або на 39,2 – 46,4%.

Таблиця 2

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

Позакоренево підживлення	Запаси вологи у шарі 0-100 см, м³/га		Опади, м³/га	Поливи, м³/га	Сумарне водоспожи-вання, м³/га
	на початок весня-ного 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 ₄₅ P ₄₅					
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 ₉₀ P ₉₀					
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 3

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

Позакореневе підживлення	Запаси вологи у шарі 0-100 см, м³/га		Опади, м³/га	Поливи, м³/га	Сумарне водоспожи-вання, м³/га
	на початок весня-ного 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 ₄₅ P ₄₅					
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 ₉₀ P ₉₀					
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

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 фону внесення мінеральних добрив в дозі N₉₀P₉₀ – 2477 – 4410 м³/га залежно від року використання насаджень.

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%.

Між продуктивністю рослин гісопу лікарського і вологозабезпеченням насаджень існує прямо пропорційна

залежність. Урожайність сільськогосподарських культур, в тому числі і гісопу лікарського, підвищується за умови достатньої кількості ґрунтової вологи, що забезпечується в тому числі і 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).

Таблиця 4

Коефіцієнт водоспоживання гісопу лікарського залежно від оптимізації живлення, м³/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 ₄₅ P ₄₅	720,6	621,2	572,9	527,5	505,1
N ₉₀ P ₉₀	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 ₄₅ P ₄₅	751,8	671,5	636,9	623,3	556,2
N ₉₀ P ₉₀	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 ₄₅ P ₄₅	385,3	339,5	323,7	322,8	281,4
N ₉₀ P ₉₀	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 $N_{90}P_{90} - 412,2 \text{ м}^3/\text{т}$, що менше порівняно до контрольного варіанту досліду на $384,5 \text{ м}^3/\text{т}$ або на 48,3%. Це свідчить про здатність рослин гісопу лікарського за даного варіанту досліду 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 досліду, 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%.

Висновки. В умовах посушливого Південного Степу України, за оптимізації живлення гісопу лікарського, особливо на третій рік використання насаджень, рослини більш ефективно витрачають вологу на формування продуктивності. Так, коефіцієнт водоспоживання, у середньому по варіантах досліду, у третій рік використання насаджень склав $322,7 \text{ м}^3/\text{т}$. Найбільш ефективно на формування продуктивності споживали вологу рослини гісопу лікарського за сумісного використання мінеральних добрив в дозі у дозі $N_{90}P_{90}$ та проведення позакореневого підживлення насаджень двічі за період вегетації препаратом Хелафіт комбі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. 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. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.5
2. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Морфологічні особливості гісопу лікарського. *Рослинництво XXI століття: виклики та інновації*: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. до 120-ти річчя каф. рослинництва НУБіП України, м. Київ, 25 – 27 вересня 2019 р. С. 35–37.
3. Котюк Л. Особливості мікроморфологічної будови гісопу лікарського. *Modern Phytomorphology*. 2016. 10. С. 59–67.
4. Степаненко С. М., Польовий А. М., Школьнік Є. П. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2011. 696 с.
5. 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.
6. Двірня Т. С., Мінарченко В. М., Тимченко І. А. Вплив кліматичних змін на лікарські рослини. *PLANTA+. НАУКА, ПРАКТИКА ТА ОСВІТА*: Матеріали IV Науково-практичної конференції з міжнародною участю, до 20-річчя кафедри фармакогнозії та ботаніки Національного медичного університету імені О. О. Богомольця, 20 лютого 2023 р. м. Київ. С. 230-233.
7. Котюк Л. Біохімічний склад інтродуцента *Hyssopus officinalis* L. залежно від сортових особливостей. *Вісник Львівського університету*. 2013. Вип. 62. С. 302–308.
8. Лиховид П. В. Зрошення в Україні з огляду на сучасну кліматичну ситуацію. *The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex* International scientific conference, December 28–29, Lublin, the Republic of Poland. Lublin, 2021. С. 20–21.
9. Моделювання врожайності гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від дози та регламенту внесення мінеральних добрив / Вожегова Р.А., Коваленко О.А., Лиховид П.В., Пілярська О.О., Качанова Т.В. *Зрошуване землеробство*. 2023. Вип. 79. С. 18-24.
10. Ткачова Є. С., Федорчук М. І. Агробіологічні особливості гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) та його значення для півдня України. *Вплив змін клімату на онтогенез рослин*: мат.-ли доп. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Миколаїв, 3–5 жовтня 2018 р. Миколаїв, 2018. С. 18–20.
11. 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. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090894>
12. Weather conditions influence on hyssop essential oil quality / 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. *Processes*. 2021. 9. 1152. DOI:10.3390/pr9071152
13. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) essential oil / Kizil S., Hasimi N., Tolan V., Kilinc E., Karatas H. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2010. 38. 99–103.
14. 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. 31–36.
15. Effects of agronomic practices on volatile composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oils / Moro A., Zalacain A., de Mendoza J. H., Carmona M. *Molecules*. 2011. 16. 4131–4139.
16. Effects of exogenous application of citrulline on prolonged water stress damages in hyssop (*Hyssopus officinalis* L.): Antioxidant activity, biochemical indices, and essential oils profile / Ahmadi H., Babalar M., Sarcheshmeh M. A. A., Morshedloo M. R., Shokrpour M. *Food Chem*. 2020. 333. 127433.
17. 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. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114330>

REFERENCES:

1. Vozhehova, R.A., Lykhovyd, P.V. & Lavrenko, S.O. (2023). Determination of the optimal areas for medicinal and aromatic plants cultivation in Ukraine depending on water and heat supply. *Tavrian Scientific Herald*, Vol. 131, 36–45.

2. Tkachova, Ye.S. & Fedorchuk, M.I. (2019). Morfolohichni osoblyvosti hisopu likarskoho [Morphological features of the hyssop of medicinal]. *Roslynnnytstvo KhKhI stolitti: vyklyky ta innovatsii : materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. do 120-ty richchia kaf. roslinnnytstva NUBiP Ukrainy*, 35–37 [in Ukrainian].
3. Kotiuk, L. (2016). Osoblyvosti mikromorfolohichnoi budovy hisopu likarskoho [Features of the micromorphological structure of the hyssop of medicinal]. *Modern Phytomorphology*, 10, 59–67 [in Ukrainian].
4. Stepanenko, S.M., Polovyi, A.M. & Shkolnyi, Ye.P. (2011). *Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy [Assessment of the impact of climatic changes in the economy of Ukraine]*. Odesa: Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet, 696 [in Ukrainian].
5. Roy, S. & Roy, D. (2016). Use of medicinal plant and its vulnerability due to climate change in Northern Part of Bangladesh. *American Journal of Plant Sciences*, 7, 1782–1793. doi: 10.4236/ajps.2016.713166.
6. Dvirna, T.S., Minarchenko, V.M. & Tymchenko I.A. (2023). Vplyv klimatychnykh zmin na likarski roslyn [The impact of climatic changes on medicinal plants]. *Materialy IV Naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu, do 20-richchia kafedry farmakohozii ta botaniky Natsionalnoho medychnoho universytetu imeni O.O. Bohomoltsia «PLANTA+. NAUKA, PRAKTYKA TA OSVITA»*. Kyiv, 230–233 [in Ukrainian].
7. Kotiuk, L. (2013). Biokhimichni sklad introdutsenta *Hyssopus officinalis* L. zalezno vid sortovykh osoblyvostei [The biochemical composition of the *Hyssopus officinalis* L.]. *Visnyk Lvivskoho universytetu – Lviv University Bulletin*, 62, 302–308 [in Ukrainian].
8. Lykhovyd, P.V. (2021). Zroshennia v Ukraini z ohliadu na suchasnu klimatychnu sytuatsiiu [Irrigation in Ukraine in view of the current climatic situation]. *The latest scientific achievements in the modern agro-industrial complex. International scientific conference*. Lublin, 20–21 [in Ukrainian].
9. Vozhehova, R.A., Kovalenko, O.A., Lykhovyd, P.V., Piliarska, O.O. & Kachanova, T.V. (2023). Modeliuvannia vrozhaivosti hisopu likarskoho (*Hyssopus officinalis* L.) zalezno vid dozy ta rehlamentu vnesennia mineralnykh dobryv [Hyssopus Official Product Modeling Depending on the dose and regulation of mineral fertilizers]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 79, 18–24 [in Ukrainian].
10. Tkachova, Ye.S. & Fedorchuk, M.I. (2018). Ahrobiolohichni osoblyvosti hisopa likarskoho (*Hyssopus officinalis* L.) ta yoho znachennia dlia pivdnia Ukrainy [Agrobiological features of medicinal hyssop *Hyssopus officinalis* L. and its importance for southern Ukraine]. *Vplyv zmin klimatu na ontogenezu roslyn : mat-ly dop. Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Mykolaiv*, 18–20 [in Ukrainian].
11. 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. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090894>
12. 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. (2021). Weather conditions influence on hyssop essential oil quality. *Processes*, 9, 1152. DOI:10.3390/pr9071152
13. Kizil, S., Hasimi, N., Tolan, V., Kilinc, E. & Karatas, H. (2010). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) essential oil. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38, 99–103.
14. Tavakoli, M. & Aghajani, Z. (2016). 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*, 6, 31–36.
15. Moro, A., Zalacain, A., de Mendoza, J.H. & Carmona, M. (2011). Effects of agronomic practices on volatile composition of *Hyssopus officinalis* L. essential oils. *Molecules*, 16, 4131–4139.
16. Ahmadi, H., Babalar, M., Sarcheshmeh, M.A.A., Morshedloo, M.R. & Shokrpour, M. (2020). 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*, 333, 127433.
17. Samany, S. M. A., Pirbalouti, A. G. & Malekpoor, F. (2022). Phytochemical and morpho-physiological changes of hyssop in response to chitosan-spraying under different levels of irrigation. *Industrial Crops and Products*, 176, 114330. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114330>

Добровольський П.А. Водоспоживання гісопу лікарського (*Hyssopus officinalis* L.) залежно від оптимізації живлення в умовах Південного Степу України

Мета. Встановити вплив оптимізації живлення насаджень гісопу лікарського на водоспоживання культури в умовах Північного Степу України. **Методи.** Польові та лабораторні дослідження виконувалися відповідно до сучасних вимог і стандартів дослідної справи в агрономії та землеробстві. **Результати.** Водний режим ґрунту під насадженнями гісопу лікарського залежав від факторів досліду і погодних умов року дослідження. Найвищим сумарне водоспоживання насаджень гісопу лікарського було визначено у другий рік використання насаджень – у середньому за варіантами досліду 4347,5 м³/га, що перевищило показники першого та третього року використання насаджень на 1704,0 – 2018,2 м³/га або на 39,2 – 46,4%. Незалежно від року вирощування культури найбільшими показниками сумарного водоспоживання були відмічені за використання для позакореневого підживлення насаджень рослин гісопу лікарського двічі за вегетацію препаратом Хелафіт комбі по фону внесення мінеральних добрив в дозі N₉₀P₉₀ – 2477 – 4410 м³/га залежно від року використання насаджень. 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 фону внесення мінеральних добрив у дозі N₉₀P₉₀ – 412,2 м³/т. Найбільш ефективно витрачали вологу на створення урожайності рослини гісопу лікарського третього року використання. **Висновки.** В умовах посушливого Південного Степу України, за оптимізації живлення гісопу лікарського (сумісного використання мінеральних добрив в дозі у дозі N₉₀P₉₀ та проведення позакореневого підживлення

насаджень двічі за період вегетації препаратом Хелафіт комбі), особливо на третій рік використання насаджень, рослини більш ефективно витрачають вологу на формування продуктивності.

Ключові слова: *Hyssopus officinalis* L., оптимізація живлення, сумарне водоспоживання, коефіцієнт водоспоживання.

Dobrovolskyi P.A. Water consumption of medicinal hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) depending on nutrition optimization in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Objective. To determine the influence of optimization of nutrition of plantations of medicinal hyssop on water consumption of the crop in the Northern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field and laboratory studies were carried out in accordance with modern requirements and standards of research in agronomy and agriculture. **Results.** The water regime of the soil under the plantations of medicinal hyssop depended on the factors of the experiment and weather conditions of the year of study. The highest total water consumption of the plantations of medicinal hyssop was determined in the second year of use of plantations – on average, according to the variants of the experiment, 4347.5 m³/ha, which exceeded the

indicators of the first and third years of use of plantations by 1704.0 – 2018.2 m³/ha or 39.2 – 46.4%. Regardless of the year of crop cultivation, the highest rates of total water consumption were noted for the use of Helaphytes combi for foliar feeding of hyssop plants twice during the growing season against the background of mineral fertilizers in a dose of N₉₀P₉₀ – 2477 – 4410 m³/ha, depending on the year of planting use. On average, over the years of use of hyssop plantations, the lowest coefficient of water consumption of hyssop plants was characterized by the variant of foliar fertilization of plantations twice during the growing season with Helafit combi against the background of mineral fertilizers at a dose of N₉₀P₉₀ – 412.2 m³/t. The most efficient use of moisture was made to create the yield of the plant of medicinal hyssop in the third year of use. **Conclusions.** In the conditions of arid Southern Steppe of Ukraine, when optimizing the nutrition of medicinal hyssop (combined use of mineral fertilizers in a dose of N₉₀P₉₀ and foliar feeding of plantations twice during the growing season with Helaphytes combi), especially in the third year of plantations use, plants more efficiently use moisture to form productivity.

Key words: *Hyssopus officinalis* L., nutrition optimization, total water consumption, water consumption coefficient.