

ВМІСТ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ В ЛИСТКАХ ШАВЛІЇ ЛІКАРСЬКОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

О.М. Тимошенко¹, Н.В. Приведенюк², О.В. Серета²

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: ttlife25082017@gmail.com; ORCID: 0009-0004-5061-9474

² Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроекології і природокористування НААН
(с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., Україна)
e-mail: privedenyuk1983@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0748-8083
e-mail: tritravki@ukr.net; ORCID: 0000-0002-4665-8129

У статті наведено результати досліджень впливу ширини міжряддя та доз азотних добрив на вміст ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської (*Salvia officinalis* L.) і її розрахунковий вихід з одиниці площі у перший рік вегетації. Метою роботи було встановлення закономірностей накопичення ефірної олії в листках шавлії лікарської залежно від умов азотного живлення та ширини міжряддя, а також визначення оптимальних агротехнічних параметрів для отримання високоякісної фармакопейної сировини. Дослідження проводили в умовах польового короткотермінового досліду за загальноприйнятими методиками з лікарськими культурами. Схемою досліду передбачено вивчення двох чинників: ширини міжряддя (45 і 70 см) та доз внесення азотних добрив (N_0 , N_{30} , N_{60} , N_{90} , N_{120}). Вміст ефірної олії в листках визначали методом гідродистиляції відповідно до вимог Державної фармакопеї України. Виявлено, що ширина міжряддя істотно впливала на вміст ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської. За міжряддя 70 см вміст ефірної олії був вищим порівняно з міжряддям 45 см, що свідчить про позитивний вплив більшої площі живлення на інтенсивність біосинтезу вторинних метаболітів. Найвищі показники вмісту ефірної олії (18,71–19,13 мл/кг) одержано за ширини міжряддя 70 см у варіантах із внесенням азотних добрив у дозах N_{60} – N_{90} . За міжряддя 45 см максимальна концентрація ефірної олії становила 15,90 мл/кг за внесення N_{90} . Аналіз розрахункового виходу ефірної олії з 1 га показав, що його максимальні значення (46,3–46,9 л/га) формувалися за додавання азоту в дозі N_{90} незалежно від ширини міжряддя. Регресійний аналіз підтвердив нелінійний характер впливу азотних добрив на накопичення ефірної олії та наявність оптимуму азотного живлення. Отримана лікарська рослина сировина за всіма варіантами досліду відповідала чинним вимогам Державної фармакопеї України щодо вмісту ефірної олії. Результати досліджень можуть бути використані для оптимізації технології вирощування шавлії лікарської з метою підвищення ефіроолійної продуктивності та отримання високоякісної фармакопейної сировини для фармацевтичної галузі.

Ключові слова: *Salvia officinalis* L., лікарські рослини, вторинні метаболіти, ефіроолійна сировина, фармакопейна якість, гідродистиляція, агротехнічні чинники, біосинтез ефірних олій, регресійний аналіз.

ВСТУП

Рід *Salvia* L. є одним із найбільших у родині *Lamiaceae* та налічує понад 700–900 видів, поширених у різних ґрунтово-кліматичних зонах світу. Серед них *Salvia officinalis* L. є найвідомішим і господарсько-цінним видом, що походить із Середземноморського регіону та природно зростає на кам'янистих схилах і узбережжях Південної Європи [1–3]. Шавлія лікарська — багаторічна ефіроолійна рослина напівку-

щового типу з дерев'янистими пагонами та видовженими листками, яка характеризується високою екологічною пластичністю і здатністю адаптуватися до різних умов вирощування. Завдяки цим властивостям культура широко культивується в багатьох країнах як лікарська, пряно-ароматична та ефіроолійна рослина [4–6].

Шавлія лікарська належить до цінніших лікарських рослин за вмістом вторинних метаболітів, насамперед ефірної олії, яка акумулюється переважно в листках.

Основні компоненти ефірної олії становлять 1,8-цинеолу, камфори, α - і β -гуйону, α - та β -пінену, борнеолу та інші моно- і сесквітерпенові сполуки. Біологічна активність цих речовин зумовлює широке використання шавлії у фармацевтичній, харчовій та косметичній промисловості, а також у медицині й ароматерапії. Науковими дослідженнями доведено антиоксидантні, антимікробні, протизапальні, спазмолітичні та нейропротекторні властивості екстрактів і ефірної олії шавлії лікарської, що сприяє зростанню попиту на якісну рослинну сировину [6; 7].

Виявлено, що кількісні та якісні показники ефірної олії шавлії лікарської визначаються не лише генетичними особливостями виду, а й значною мірою залежать від агротехнічних та екологічних чинників [8; 9]. Синтез і накопичення ефірної олії чутливо реагують на забезпечення елементами живлення, зокрема азотом, просторове розміщення рослин, площу живлення, фази онтогенезу, терміни збору сировини та метеорологічні умови. Азотне живлення відіграє ключову роль у формуванні листової поверхні [10] та інтенсивності фізіолого-біохімічних процесів, тоді як ширина міжрядь і густота стояння рослин впливають на світловий режим, мікроклімат посіву та активність біосинтезу терпенових сполук.

Метою досліджень є встановлення впливу ширини міжряддя та доз внесення азотних добрив на вміст ефірної олії в сировині шавлії лікарської.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вплив агротехнічних чинників на накопичення ефірної олії в листках шавлії лікарської висвітлено у працях М. Федорчука, В. Ушкаренка, З. Комир, А. Панфілової, В. Работягова, а також зарубіжних учених — В. Karimi, D. Katar, N. Rioba, A. Khammar, Izgi M. Necat, I. Abaas, G. Jafari, C. Dordas та ін. В їхніх дослідженнях [1–9; 11–13] встановлено, що рівень мінерального живлення, густота стояння рослин і умови вирощування істотно діють на врожайність та вміст ефірної олії. Зокрема,

підкреслюється важлива роль оптимізації живлення і схеми розміщення рослин у формуванні якісних показників лікарської сировини шавлії лікарської.

Зокрема, польові дослідження вчених з Іраку доводять, що підвищені норми азотних і фосфорних добрив достовірно збільшують біометричні показники рослин і вміст ефірної олії в листках шавлії лікарської порівняно з контролем. Найвищі значення маси листків, кількості пагонів, висоти рослин і концентрації ефірної олії отримано за внесення 230 кг/га азоту та 80 кг/га фосфору, що пов'язано з активізацією фотосинтезу й біосинтезу вторинних метаболітів [11].

За результатами досліджень кенійських вчених виявлено, що мінеральне живлення і режим зрошення істотно впливають на загальний та компонентний склад ефірної олії шавлії лікарської. В польових експериментах не встановлено істотного впливу чинників на загальний вміст ефірної олії, однак зафіксовано значні зміни її хімічного складу. Підвищення норм азоту та зниження вологості ґрунту збільшувало вміст β -пінену. Відзначено негативну кореляцію між 1,8-цинеолом і вірифлоролом, що свідчить про складні механізми формування складу ефірної олії залежно від умов вирощування [6].

Результати досліджень в умовах Ірану вказують на значний вплив хімічних і біологічних добрив на ріст, розвиток та продуктивність шавлії лікарської. У двофакторному досліді азотні й фосфорні добрива підвищували біометричні показники та врожайність, тоді як біодобрива з мікоризними грибами та *Pseudomonas fluorescens* збільшували площу листків та вихід ефірної олії. Найвищий вихід ефірної олії одержано за внесення фосфорних добрив без азотних у поєднанні з біопрепаратами, що підтверджує можливість заміни частини мінеральних добрив біологічними [12].

У більш пізніх дослідженнях іранців у безґрунтовій культурі доведено визначальну роль азотного живлення у формуванні ростових і фізіолого-біохімічних

показників шавлії лікарської. Різні концентрації азоту істотно впливали на засвоєння елементів живлення, вміст пігментів, вуглеводів і фенольних сполук. Максимальні показники інтенсивності росту, виходу ефірної олії та вмісту оксигенових монотерпенів отримано за високого рівня азотного живлення, тоді як його дефіцит знижував усі параметри. Оптимальні концентрації азоту сприяли накопиченню α -туйону, що доврдить зв'язок азотного живлення з біосинтезом терпенів [7].

Оптимізація агрономічних ресурсів, зокрема густоти стояння рослин та системи удобрення, є ключовим чинником підвищення продуктивності лікарських культур. У сучасних дослідженнях дедалі ширше застосовується методологія поверхні відгуку (RSM) для емпіричного моделювання взаємодії між елементами технології вирощування та показниками врожайності. Зокрема, встановлено, що поєднане застосування азотних добрив і мікродобрив у взаємодії з оптимальною густотою стояння рослин здатне синергічно поліпшувати врожайність сировини шавлії, вміст ефірної олії та ефективність використання азотних добрив. Тоді як надмірні дози добрив можуть знижувати його ефективність, що підкреслює необхідність науково обґрунтованого підходу до норм удобрення [4].

За дослідження впливу густоти висаджування рослин та азотних добрив в умовах дефіциту ґрунтової вологи на продуктивність шавлії лікарської турецької вчені довели, що зменшення кількості рослин за підвищених доз азоту сприяло зростанню врожайності надземної маси та листків. Водночас азотні добрива та площа живлення рослин істотно впливали на компонентний склад ефірної олії, зокрема на співвідношення камфори, 1,8-цинеолу та туйону. Підвищення азоту посилювало вміст камфори і знижувало вміст туйону, тоді як збільшення площі живлення рослин сприяло посиленню частки туйону [8].

Дослідження грецьких вчених свідчать, що азотне живлення істотно впливає на морфологічні, фізіологічні та продуктивні

показники шавлії лікарської і може оцінюватися за вегетаційними індексами. Середні й високі дози азоту збільшували висоту рослин, площу листків та активність фотосинтезу, що супроводжувалося зростанням сухої маси й вмісту ефірної олії. Індeksi NDVI, EVI2 та MSAVI2 виявили високу чутливість до рівня азоту і придатні для оперативної діагностики посівів. Оптимізація азотного удобрення є особливо важливою за дефіциту ґрунтової вологи [13].

Поряд із мінеральним живленням істотну дію на ефіроолійну продуктивність шавлії лікарської має площа живлення рослин. Дослідження йорданських вчених вказує на те, що зміна відстані між рослинами впливає на вміст і склад ефірної олії. Найвищу концентрацію ефірної олії та розмаринової кислоти зафіксовано в ущільнених посівах. За зменшення відстані між рослинами в ефірній олії зростала частка 1,8-цинеолу і камфори, а за збільшення відстані між рослинами посилювала частка α - та β -пінінів, вміст α -туйону майже не змінювався [14].

Результати польових досліджень у Східній Африці підтверджують важливу роль площі живлення у формуванні врожайності та виходу ефірної олії шавлії лікарської. Загущені посіви забезпечували вищу врожайність листків та вихід ефірної олії з площі порівняно з розрідженими посівами. Автори зазначають, що поряд із шириною міжрядь важливим чинником є терміни збору сировини, а оптимальне їх поєднання забезпечує максимальний вихід ефірної олії [15].

Аналіз наукових джерел свідчить, що вплив азотного живлення на ефіроолійну продуктивність шавлії лікарської є складним процесом і залежить від дози добрив, вологості ґрунту та площі живлення рослин. У більшості досліджень азотні добрива сприяли підвищенню врожайності листків, але не завжди збільшували вміст ефірної олії та часто змінювали її склад. Водночас оптимальна ширина міжрядь у поєднанні з раціональним азотним живленням позитивно впливає на фотосинтез і біосинтез терпенів. Це зумовлює потребу подальших

досліджень для визначення оптимальних поєднань агротехнічних чинників.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик польових дослідів із лікарськими культурами («Основи наукових досліджень в агрономії») [16]. З метою вивчення впливу норм азотних добрив та ширини міжрядь на ріст, урожайність і якість сировини шавлії лікарської (*Salvia officinalis* L.) був закладений двофакторний польовий дослід. Посіви розміщували за схемою з міжряддями 45 і 70 см у чотириразовому повторенні, площа облікової ділянки становила 25–30 м².

Основний обробіток ґрунту включав зяблеву оранку на глибину 23–25 см після лущення стерні, весняне закриття вологи та передпосівну культивуацію на глибину 10–12 см. Сівбу виконували в першій декаді квітня насінням сорту Шанс з нормою висіву 8 кг/га та глибиною загортання 2,0–2,5 см. Азотні добрива у формі аміачної селітри вносили під передпосівний обробіток за схемою дослідів у дозах N₃₀, N₆₀, N₉₀ та N₁₂₀, контрольним слугував варіант без удобрення.

Облік урожайності здійснювали ваговим методом із пробних ділянок. Надземну частину шавлії лікарської зрізали вручну з подальшим висушуванням за температури не вище 35°C до вологості сировини не більше 12%. У подальшому відділяли листки від стебел, та подрібнювали. Визначення вмісту ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської виконували у відділі фармакогнозії ДСЛР ІАП НААН методом гідродистиляції відповідно до вимог Державної фармакопеї України. Вміст ефірної олії визначали в мілілітрах на кілограм сировини в перерахунку на абсолютно суху сировину [17].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методами дисперсійного аналізу з оцінкою достовірності впливу досліджуваних чинників на показники продуктивності та якості сировини.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень свідчать, що ширина міжряддя та азотні добрива істотно впливали на урожайність сухих листків шавлії лікарської першого року вегетації, на вміст ефірної олії та її розрахунковий вихід з одиниці площі. За ширини міжряддя 45 см урожайність сухих листків була вищою порівняно з варіантами 70 см, що зумовлено більшою густотою стояння рослин і кращим використанням площі живлення. Максимальні показники урожайності сухих листків за міжряддя 45 см отримані за внесення N_{90–120} і становили 2,89–2,91 т/га, тоді як за міжряддя 70 см урожайність була нижчою та коливалася в межах 2,41–2,45 т/га (табл.).

Вміст ефірної олії в сухих листках значною мірою залежав від дози азотних добрив і ширини міжряддя. За міжряддя 45 см концентрація ефірної олії зростала зі збільшенням дози азоту від 14,26 мл/кг на контролі до 15,90 мл/кг за внесення N₉₀, після чого спостерігалася тенденція до незначного зниження показника за дози N₁₂₀. За ширини міжряддя 70 см вміст ефірної олії був вищим порівняно з варіантами 45 см і досягав максимального значення 19,13 мл/кг за внесення N₉₀, що свідчить про позитивний вплив зменшеної густоти стояння рослин на біосинтез ефірної олії.

Аналіз розрахункового виходу ефірної олії з 1 га показав, що цей показник формувався під комплексним впливом урожайності сухих листків та вмісту ефірної олії. За ширини міжряддя 45 см вихід ефірної олії поступово зростав із підвищенням дози азоту від 28,7 л/га на контролі до максимального значення 46,3 л/га за внесення N₉₀, після чого за N₁₂₀ спостерігалася незначне зниження до 44,6 л/га. Аналогічна тенденція була відмічена і за міжряддя 70 см, де найвищий розрахунковий вихід ефірної олії становив 46,9 л/га за внесення N₉₀.

Порівняння варіантів ширини міжряддя свідчить, що за 70 см формувався вищий вміст ефірної олії в листках, проте за рахунок нижчої врожайності сухої

Вміст ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської першого року вегетації залежно від ширини міжряддя та дози внесення азотних добрив

Варіанти		Урожайність сухих листків, т/га	Вміст ефірної олії в абсолютно сухих листках, мл/кг	Розрахунковий вихід ефірної олії, л/га
Фактор А	Фактор Б			
Ширина міжряддя 45 см	N ₀	2,01	14,26	28,7
	N ₃₀	2,23	14,67	32,7
	N ₆₀	2,63	15,02	39,5
	N ₉₀	2,91	15,90	46,3
	N ₁₂₀	2,89	15,42	44,6
Ширина міжряддя 70 см	N ₀	1,54	15,69	24,2
	N ₃₀	1,88	16,10	30,3
	N ₆₀	2,29	18,71	42,8
	N ₉₀	2,45	19,13	46,9
	N ₁₂₀	2,41	18,70	45,1
НІР _{0,5} головних ефектів ф. А		0,16	0,35	—
НІР _{0,5} головних ефектів ф. В		0,14	0,31	—
НІР _{0,5} часткових відмінностей ф. А		0,27	0,69	—
НІР _{0,5} часткових відмінностей ф. В		0,21	0,41	—

маси загальний вихід ефірної олії був лише незначно вищим або близьким до показників варіанта 45 см. Це вказує на певну компенсацію між продуктивністю рослин і якісними показниками сировини. Тому, оптимальні значення розрахункового виходу ефірної олії були досягнуті за внесення N₉₀ незалежно від ширини міжряддя.

Загалом, результати досліджень підтверджують доцільність поєднання оптимальної дози азотного живлення з раціональною шириною міжряддя для підвищення ефективності вирощування шавлії лікарської у перший рік вегетації. Внесення азоту в дозі N₉₀ забезпечує найсприятливіше співвідношення між урожайністю сухих листків та вмістом ефірної олії, що є визначальним для формування максимального виходу ефірної олії з одиниці площі.

Залежність вмісту ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської від дози внесення азотних добрив має чітко виражений нелінійний характер і достовірно описується квадратичними регресійними рівняннями для обох досліджуваних варіантів ширини міжряддя. За ширини міжряддя 45 см ця залежність описується рівнянням:

$$y = -1E-04x^2 + 0,0237x + 14,168$$

за коефіцієнта детермінації $R^2=0,84$, тоді як за ширини міжряддя 70 см – рівнянням:

$$y = -0,0003x^2 + 0,0669x + 15,306$$

з $R^2 = 0,87$.

Отримані значення коефіцієнтів детермінації свідчать про високий ступінь відповідності математичних моделей експериментальним даним та надійність установлених закономірностей.

Позитивні лінійні коефіцієнти за змінної x в обох рівняннях вказують на стимулювальний вплив азотного живлення на накопичення ефірної олії в листках шавлії лікарської за зростання дози добрив у межах досліджуваного діапазону. Водночас від'ємні квадратичні коефіцієнти пояснюють поступове зниження інтенсивності цього впливу за високих доз азоту, що зумовлює формування оптимуму азотного живлення, після досягнення якого подальше підвищення дози не гарантує істотного посилення вмісту ефірної олії.

Порівняльний аналіз рівнянь регресії показує, що за ширини міжряддя 70 см залежність між дозою азоту та вмістом ефірної олії є більш тісною, ніж за міжряддя 45 см, що доводить вищий коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,87$ проти 0,84). Це може

бути пов'язано з кращими водно-поживним режимом ґрунту та освітлення рослин, що сприяє ефективнішому використанню азоту та інтенсифікації біосинтезу вторинних метаболітів, зокрема ефірної олії.

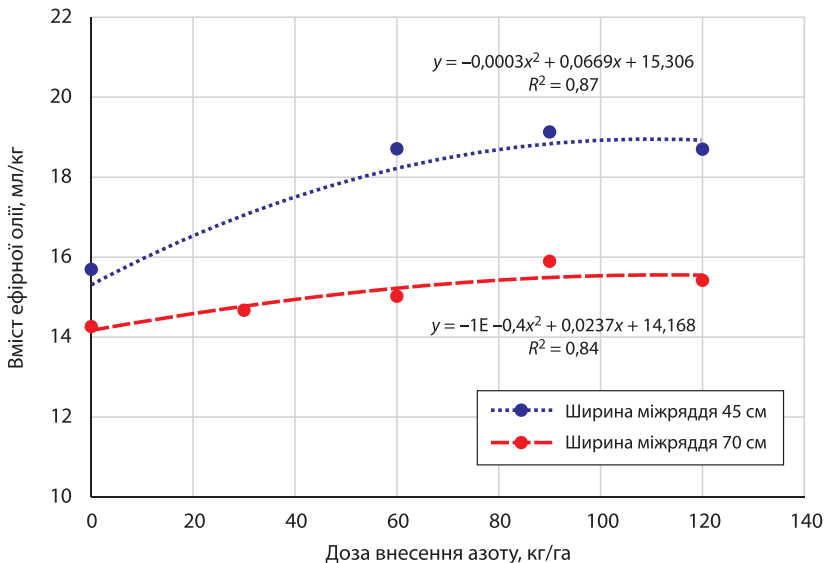
Отримані математичні моделі дають можливість не лише кількісно оцінити вплив азотних добрив на вміст ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської, але й прогнозувати оптимальні дози азотного живлення залежно від ширини міжряддя. Графічне представлення зазначених залежностей (рис.) наочно підтверджує наявність оптимального азотного удобрення та підкреслює доцільність диференційованого підходу до системи живлення культури з урахуванням елементів технології вирощування.

За вимогами Державної фармакопеї України шавлія лікарська (*Salvia officinalis folium*) – цілі або різані, висушені листки *Salvia officinalis* L. мають містити не менше 15 мл/кг ефірної олії для цілої сировини та не менше 10 мл/кг ефірної олії для різаної сировини, у перерахунку на безводну сировину. За вимогами національної частини: зібрані протягом літа, висушені й

обмолочені листки культивованого напівкуща шавлії лікарської повинні містити не менше 8 мл/кг ефірної олії, у перерахунку на суху сировину [18].

Отримані в дослідженні показники вмісту ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської свідчать про відповідність досліджуваної сировини чинним вимогам Державної фармакопеї України. У більшості варіантів досліду вміст ефірної олії становив 14,26–19,13 мл/кг, що відповідає встановленим фармакопейним нормам для різаної лікарської рослинної сировини (не менше 10 мл/кг) та, у варіантах із внесенням азотних добрив у дозах N_{90–120}, також відповідає вимогам для цілої сировини (не менше 15 мл/кг).

Водночас одержані значення істотно перевищують мінімальні вимоги, визначені національною частиною Державної фармакопеї України, відповідно до яких листки культивованої шавлії лікарської мають містити не менше 8 мл/кг ефірної олії у перерахунку на суху сировину. Навіть у контрольних варіантах без внесення азотних добрив вміст ефірної олії був вищим за нормативний рівень у 1,8–2,0 рази,



Залежність вмісту ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської від дози внесення азотних добрив та ширини міжряддя

що вказує на високий якісний потенціал отриманої рослинної сировини.

Особливо слід відзначити варіанти з шириною міжряддя 70 см та дозами азоту N_{60-90} , де вміст ефірної олії досягав 18,71–19,13 мл/кг, тобто перевищував фармакопейні вимоги для цілої сировини на 24–27%. Це вказує на позитивний вплив оптимізованої площі живлення та помірного азотного живлення на процеси біосинтезу ефірної олії в листках шавлії лікарської.

З огляду на те, що в межах дослідження листки шавлії були подрібнені, отримана лікарська рослинна сировина повністю відповідає вимогам Державної фармакопеї України до різаної сировини за показником вмісту ефірної олії. Тому, досліджувані агротехнічні прийоми забезпечують не лише підвищення врожайності та розрахункового виходу ефірної олії з одиниці площі, а й формування високоякісної фармакопейної сировини, придатної для використання у фармацевтичній промисловості.

ВИСНОВКИ

Результати проведених досліджень свідчать, що ширина міжряддя та внесення різних доз азотних добрив є визначальними чинниками продуктивності шавлії лікарської, вмісту ефірної олії та її розрахункового виходу з одиниці площі у перший рік вегетації. За міжряддя 45 см забезпечувалася вища урожайність сухих листків завдяки більшій густоті стояння рослин, тоді як за міжряддя 70 см формувалася підвищений вміст ефірної олії в сировині, що має позитивний вплив для більшої площі живлення на процеси біосинтезу вторинних метаболітів.

Найвищий вміст ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської був отриманий за ширини міжряддя 70 см у варіантах із внесенням азотних добрив у дозах $N_{60-N_{90}}$ і становив 18,71–19,13 мл/кг, що перевищувало відповідні показники за міжряддя 45 см на 2,8–3,2 мл/кг. За міжряддя 45 см максимальний вміст ефірної олії відмічався у варіанті N_{90} (15,90 мл/кг), після чого за подальшого підвищення дози азоту спостерігалася тенденція до її зниження. Це свідчить про наявність оптимального рівня азотного живлення для інтенсифікації біосинтезу ефірної олії та про негативний ефект надлишкового азоту.

Аналіз розрахункового виходу ефірної олії з 1 га показав, що максимальні значення цього показника досягалися за внесення N_{90} незалежно від ширини міжряддя та становили 46,3–46,9 л/га, що зумовлено оптимальним поєднанням урожайності сухих листків та високого вмісту ефірної олії. Регресійний аналіз підтвердив нелінійний характер впливу азотних добрив на накопичення ефірної олії, з формуванням чіткого оптимуму азотного живлення, особливо вираженого за ширини міжряддя 70 см.

Одержані показники вмісту ефірної олії в сухих листках шавлії лікарської (14,26–19,13 мл/кг) повністю відповідають чинним вимогам Державної фармакопеї України до різаної лікарської рослинної сировини та в більшості варіантів — до вимог для цілої сировини, істотно перевищуючи мінімальні національні нормативи. Отже, поєднання оптимальної ширини міжряддя з раціональною дозою азотних добрив забезпечує отримання високоякісної фармакопейної сировини та є доцільним для практичного впровадження у технології вирощування шавлії лікарської.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ушкаренко, В. О., & Федорчук, М. І. (2008). *Рекомендації з технології вирощування шавлії лікарської на зрошуваних землях півдня України*. Херсон: Айлант.
2. Федорчук, М. І., Комир, З. В., Альохін, А. А., & Альохіна, Н. М. (2002). Оногенез *Salvia officinalis* L. *Таврійський науковий вісник*, 21, 27–32.
3. Panfilova, A., & Fedorchuk, V. (2022). Productivity and crop quality of *Salvia officinalis* L. in the conditions of the Southern steppe of Ukraine. *Notulae Scientia Biologicae*, 14(2), 11239–11239. DOI: <https://doi.org/10.55779/nsb14211239>.
4. Karimi, B., Rokhzadi, A., & Rahimi, A. R. (2021). RSM modeling of nitrogen use efficiency, biomass and essential oil of *Salvia officinalis* L. as affected by fertilization and plant density. *Journal of Plant Nutri-*

- tion, 44(8), 1067–1084. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1871756>.
5. Katar, D., Katar, N., & Can, M. (2022). Agricultural and quality characteristics of sage (*Salvia fruticosa* Mill.) depending on nitrogen applications. *Journal of Plant Nutrition*, 45(10), 1441–1449. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.2020829>.
 6. Rioba, N. B., Itulya, F. M., Saidi, M., Dudai, N., & Bernstein, N. (2015). Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(1), 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.01.003>.
 7. Khammar, A. A., Moghaddam, M., Asgharzade, A., & Sourestani, M. M. (2021). Nutritive composition, growth, biochemical traits, essential oil content and compositions of *Salvia officinalis* L. grown in different nitrogen levels in soilless culture. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(4), 3320–3332. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-021-00608-8>.
 8. Necat İzgi, M., Karaman, Ş., & Tonçer, Ö. (2024). Interactive effects of number of plants and nitrogen fertilization on quality parameters of *Salvia officinalis* L. cultivated in semi-arid environments. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 27(2), 432–449. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2024.2307906>.
 9. Fellah, S., Romdhane, M., & Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis* L. cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal-Societe Algerienne De Chimie*, 16(2), 193.
 10. Тимошенко, О. М. (2025). Вплив ширини міжряддя та різних доз азотних добрив на ріст і розвиток шавлії лікарської (*Salvia officinalis* L.). *Агроекологічний журнал*, (3), 135–145. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2025.340790>.
 11. Abaas, I. S. (2014). The study of biometric and volatile oil quantity of sage plant (*Salvia officinalis* L.) as medicinal plant affected by nitrogen and phosphorus fertilizers. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci*, 6(6), 82–83. URL: https://web.archive.org/web/20180413123336id_/http://ijppsjournal.com/Vol6Issue6/8833.pdf.
 12. Jafari, G. M., Abbaszadeh, B., & Oraei, M. (2015). Effects of chemical and biological fertilizers on growth, yield and essential oil of *Salvia officinalis*. *Journal of medicinal plants and by products*, 4(1), 31–37. URL: <https://www.sid.ir/paper/331427/en#downloadbottom>.
 13. Dordas, C. A. (2025). Effect of nitrogen fertilization on vegetation indices and physiological characteristics in *Salvia officinalis*. *Journal of Plant Nutrition*, 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904167.2025.2498369>.
 14. ABU Darwish, M., AL-Ramamneh, E. A. D., Salamo, I., ABU-Dieyeh, Z., AL Nawaiseh, M., & Alb-dour, T. (2013). Determination of essential oil bioactive components and rosmarinic acid of *Salvia officinalis* cultivated under different intra-row spacing. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(2). DOI: <https://doi.org/10.15835/nsb529046>.
 15. Jimayu, G., & Gebre, A. (2022). Effects of plant spacing and harvesting age on growth and yield of sage (*Salvia officinalis* L.). *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 11(1), 29–33. DOI: <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2022.004>.
 16. Єщенко, В. О., Копитко, П. Г., Костогриз, П. В., & Опришко, В. П. (2014). *Основи наукових досліджень в агрономії* (за ред. В. О. Єщенка). Вінниця: Едельвейс і К.
 17. *Державна фармакопея України* (2014). (2-ге вид., т. 3). Харків: ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». URL: <http://sphu.org/viddil-dfu>.

Дата першого надходження рукопису до редакції: 13.01.2026
 Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
 Дата публікації: 10.04.2026