

УДК 633/635:631.5:631.8:633.8

Вплив різних норм удобрення на ріст і розвиток *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze в умовах Південного Степу України

 В. М. Свиридовський,  Л. В. Свиденко,  Т. Ю. Марченко,  Н. О. Валентюк*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України, вул. Маяцька дорога, 24,
сmt Хлібодарське, Одеський р-н, Одеська обл., 67667, Україна, *e-mail: 4naval100@ukr.net

Мета. Визначити залежність показників росту й розвитку рослин *Agastache foeniculum* від дози внесення препарату Квантум Діафан (високочисті концентровані композиції макроелементів NPK з комплексом біологічно активних речовин) в умовах Степу Південного. **Методи.** Досліджували рослини *A. foeniculum* 'Лелека' та 'Синій велетень'. Використовували польові, лабораторні та вимірювально-вагові методи досліджень. Математичну обробку результатів проводили за програмним забезпеченням Agrostat. **Результати.** Залежно від норм внесення препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 висота рослин *A. foeniculum* першого року розвитку у сорту 'Лелека' варіювала від 79,9 до 117,0 см, а у 'Синій велетень' від 71,1 до 104,3 см, діаметр кущів від 67,5 до 79,4 см та від 69,0 до 82,6 см відповідно. Залежно від норми внесення препарату рослини сорту 'Лелека' мали в середньому 11,9–15,0 пагонів I порядку, довжина яких варіювала від 45,5 до 49,2 см, 27,0–29,8 пагонів II порядку з довжиною 18,0–21,0 см, що дало змогу рослинам сформувати 42,4–46,6 суцвіть. Рослини сорту 'Синій велетень' у середньому мали 12,2–15,5 пагонів I порядку із довжиною 47,2–50,0 см, 27,6–31,2 пагонів II порядку із довжиною 17,6–20,0 см, що забезпечило формування 44,0–50,4 суцвіть на кущі. Формування вегетативних та генеративних органів рослин *A. foeniculum* головним чином залежало від норми внесення препарату (Фактор В), при цьому частка впливу цього фактору в досліді, залежно від визначаємого біометричного показника, становила 56,2–89,0 %. Частка впливу фактору А (сортові особливості) становила 7,5–36,4 %. **Висновки.** Застосування препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 за вирощування *A. foeniculum* в умовах Південного Степу України позитивним чином вплинуло на ріст і розвиток рослин. Найкращі значення біометричних показників вегетативних та генеративних органів рослин отримано за умови внесення препарату із нормою 5,0 л/га, що сприяло збільшенню висоти рослини *A. foeniculum* сорту 'Лелека' на 46,4 %, у 'Синій велетень' – на 46,7 %. Під дією препарату відбулося збільшення довжини пагонів I порядку в середньому на 8,1 % та пагонів II порядку на 16,7 % для сорту 'Лелека' та на 5,9 і 13,6 % відповідно для 'Синій велетень'. Подальше збільшення норми внесення препарату призвело до зменшення значень усіх біометричних показників вегетативних та генеративних органів рослин у досліді.

Ключові слова: ефіроолійні рослини; *A. foeniculum*; вегетативні та генеративні органи; технологія вирощування; ростові процеси.

Вступ

Родина глухокропивових, або губоцвітих (*Lamiaceae* Martynov) налічує понад 200 родів рослин, які використовуються в традиційній медицині, харчовій промисловості та в парфюмерії. Серед них невеликий рід *Agastache*, який включає, за різними джерелами від 22 до 30 видів багаторічних ароматичних та лікарських трав'янистих рослин [1, 2]. Особливий інтерес викликає вид *Agastache foeniculum* через високий вміст біологічно активних сполук [2].

Agastache foeniculum [*Lophanthus anisatus* (Nutt.) Benth.] – багаторічна трав'яниста рослина родини губоцвітих (*Lamiaceae*) з триби *Menthae*, роду *Agastache*. Рослина відома під такими назвами як багатоколистий фенхелевий, лофант анісовий, гігантський гісоп, дикий фенхель та інші [2–4]. Батьківщина *A. foeniculum* – Північна та Центральна Америка. У дикорослому стані *A. foeniculum*

трапляється в Середній Азії та на Далекому Сході, на заході США і Канади. З усіх відомих видів роду *Agastache* це найбільш морозостійкий [2].

A. foeniculum знайшов своє застосування в медицині, кулінарії та інших галузях народного господарства. У терапевтичних цілях найчастіше використовується трава, яка містить 0,9–1,8 % летких олій, фенольні сполуки (фенольні кислоти та флавоноїди), а також похідні флавоноїдів, спирти, альдегіди, терпеноїди тощо. Різні частини рослини використовуються як засоби при серцево-судинних, нервових, шлунково-кишкових захворюваннях, проти застуди, запальних захворюваннях сечовивідної системи, для лікування лихоманки та полегшення болю. Рослина також має протиблювотні властивості, антибактеріальну або протигрибкову дію. Дослідженнями встановлено, що ефірна олія *A. foeniculum* у має інгібуючу дію проти *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Curtobacterium flaccumfaciens* PM_YT, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Salmonella* sp., *Escherichia coli* ATCC 8739, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Klebsiella pneumoniae* та *Candida albicans* [2,5,6]. Доведено протиракову дію ефірної олії, оскільки в ній міститься естрагол, який є особливим метаболітом, що належить до класу фенілпропаноїдів [5]. Дослідження виявили, що флавоноїди *A. foeniculum* мають ефективну терапевтичну дію щодо нейродегенеративних захворювань [6].

Листки та квітки *A. foeniculum* є хорошим джерелом антиоксидантних сполук [7]. Активні сполуки, що містяться в листках сприяють збільшенню тривалості життя [8].

Завдяки своєму запаху, який поєднує аромат анісу та м'яти, траву *A. foeniculum* широко використовують для ароматизації їжі та різних видів слабоалкогольних напоїв [9]. Ефірну олію використовують у виробництві духів, миловарній і консервній промисловості. Вона являє собою рідину світло-жовтого кольору з приємним ароматом [10]. Сировиною для отримання ефірної олії є надземна маса, зібрана у фазі масового цвітіння в суху, сонячну погоду. Основна складова ефірної олії з *A. foeniculum* – метилхавікол (естрагол) (88–95 %), що надає анісового аромату [9, 10].

Маючи інсектицидні властивості, ефірна олія *A. foeniculum* використовується також в боротьбі зі шкідниками продуктів харчування, в тому числі з червоним борошняним хрущем [11, 12].

Аналіз доступних літературних джерел вказує на те, що *A. foeniculum* як медоносна та ефіроолійна рослина культивується в Молдові, Румунії, Україні та інших країнах Європи та Америки. Інтродукційні дослідження *A. foeniculum* в Україні проводилися в умовах Степу Південного, в ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету, в Кременецькому ботанічному саду [13, 14].

Селекцію *A. foeniculum* в Україні займалися в Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН, у Нікітському ботанічному саду і на Закарпатті. Створено такі сорти, як 'Лелека', 'Пам'ять Капелева', 'Початок', 'Синій велетень'. Найбільш популярними є сорти 'Лелека' і 'Синій велетень' [3].

Зарубіжними вченими проводились дослідження із вивчення розмноження *A. foeniculum* шляхом інокульованих експлантів [15].

Деякі вчені досліджували ріст і розвиток рослин, а також господарсько цінні показники в залежності від агротехнічних заходів. Проводячи оцінку перспективності вирощування чотирьох цінних видів *Agastache* (*A. mexicana*, *A. scrophulariifolia*, *A. foeniculum*) та одного сорту (*A. rugosa* 'After Eight') у Румунії, дослідники відмітили, що середня висота рослин на другий рік життя становила 109,8 см, середня довжина суцвіть 9,6 см. Спостерігали стійкі позитивні кореляції між довжиною суцвіття з висотою рослин та кількістю пагонів [16].

Вчені з Ірану зазначають, що на вихід і склад ефірної олії в *A. foeniculum* впливають строки посіву. Кращі результати отримані ними у ранньовесняних посівів. Вміст ефірної олії становив 2,0% [17].

Дослідженнями впливу режимів зрошення на вміст та склад ефірної олії у *A. foeniculum* встановлено, що при 55 % НВ найбільший вихід ефірної олії – 2,30 %. З підвищенням до 70–100 % НВ вміст ефірної олії падає аж до 1,64 %. Причому, кількість компонентів (різноманітність) була більшою у 70–100 % вологості, а меншою при 55, проте на вміст основних, цінних компонентів, таких як метилхавікол та лімонен, режими зрошення не мали [18].

Іншими дослідженнями встановлено, що стрес водного дефіциту, що виникає на будь-якій стадії росту рослин *A. foeniculum*, змінює морфологічні, фітохімічні та фізіологічні процеси. Застосування різних концентрацій мелатоніну покращувало вміст зазначених ознак [19]. На вихід ефірної олії впливає температура сушки та час зберігання рослинної сировини [20].

Вчені з Ірану провели експеримент впливу засолення на ріст рослин і їх продуктивність. Результати показали, що сольовий стрес мав значний вплив на оцінювані параметри. Засолення

зменшувало висоту рослин, кількість і довжину пагонів, діаметр рослин, кількість і площу листя, свіжу і суху масу листя і пагонів, урожай надземної маси і кількість ефірної олії. Надмірна висока засоленість знищувала рослини [21].

В умовах Північної Америки проведено дослідження впливу азотних добрив з нормою внесення 50, 100, 150 і 200 кг/га. Результати показують, що різні рівні азотних добрив мали значний вплив на висоту рослини, вміст ефірної олії та її склад, проте не мали значного впливу на кількість пагонів на рослині. Найбільший вміст ефірної олії мали рослини за внесення азотних добрив 100 і 150 кг/га (2,88 і 2,83 % відповідно). Її основним компонентом був метилхавікол (95,5 %). Вченими рекомендована оптимальна доза азотного добрива 150 кг/га [22].

Мета досліджень – визначити залежність показників росту й розвитку рослин *A. foeniculum* від дози внесення препарату Квантум Діафан (високочисті концентровані композиції макроелементів НРК з комплексом біологічно активних речовин) в умовах Степу Південного.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили в умовах Херсонської області на базі Державного підприємства «Дослідне господарство «Новокаховське» Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у 2019–2022 рр.

Дослідне господарство «Новокаховське» розташоване в першому, північному агрокліматичному районі Херсонської області, для якої характерний помірно континентальний клімат з короткою весною, порівняно довгим спекотним та посушливим літом, м'якою з частими відлигами зимою [23]. Ділянка, де були закладені дослідні розташована на чорноземних легкосуглинистих ґрунтах з потужністю гумусового шару 76 см та вмістом гумусу в орному шарі 1,33 % [24, 25].

Матеріалом для досліджень слугували рослинні зразки *A. foeniculum* 'Синій велетень' і 'Лелека' місцевої репродукції. Вихідний насіннєвий матеріал рослин отриманий з Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України з відділу нових культур (нині відділ культурної флори) у 2007 році.

Дослід передбачав п'ять варіантів у трьох повтореннях. Варіанти відрізнялися за нормою внесення добрива: 3, 4, 5, 6 і 7 л/га. Добрива вносили в різні фази розвитку (відновлення вегетації, куціння, початок цвітіння).

Вивчали процеси росту й розвитку рослин залежно від внесення добрив. Рослини обробляли препаратом Квантум Діафан АСТіон 10-10-10, що має такі характеристики: загальний азот (N) – 125, зокрема амонійний азот ($N-NH_4^+$) – 8, амідний азот ($N-NH_2$) – 117, доступний фосфор (P_2O_5) – 125, доступний калій (K_2O) – 125; комплекс біологічно активних речовин АСТіон – 14, Густина (за 20 °C), г/мл – 1,24–1,278, рН, од. – 7,3–7,7; температура кристалізації, °C: – 6,1.

Використовували польові, лабораторні та вимірювально-вагові методи досліджень. Протягом вегетаційного періоду за досліджуваними рослинами проводилися фенологічні спостереження та біометричні вимірювання згідно загально прийнятих методик. Математичну обробку результатів проводили за програмним забезпеченням Agrostat [26, 27].

Результати досліджень

Agastache foeniculum (*Lophanthus anisatus*) в умовах Херсонської області є багаторічною полікарпічною трав'янистою рослиною. Наземна частина рослини утворена системою монокарпічних пагонів, які відмирають по завершенні вегетації та формуються навесні наступного року із зимуючих бруньок поновлення, які знаходяться на кореневій шийці. Листки черешкові, серцеподібні, рідкозубчасті. Квітки білі та синьо-бузкові, зібрані в колосоподібні тирсоїдні суцвіття, розташовані на осьових і бічних пагонах. Відновлення вегетації рослин починається в кінці лютого – початку березня, бутонізація – в кінці травня, масове цвітіння триває з червня до кінця серпня.

Розмножується *A. foeniculum* як вегетативним так генеративним способом. Перевагу має генеративний спосіб розмноження. Насіння дуже дрібне, яйцеподібне, коричневого кольору, 1,5–1,8 см довжиною, 0,4–0,5 см шириною. Маса 1000 насінин – 0,3–0,4 г. Схожість насіння 65–67 %. Безпосередні посіви насіння *A. foeniculum* в полі вимагають дуже ретельного та уважного догляду, інакше спостерігається величезний випад і, наслідок – зріджені поля, що вимагають обов'язкової підсадки. Тому краще використовувати розсадний спосіб.

Нами закладено ділянку для вирощення розсади *A. foeniculum* розміром 3 м². Насіння на ділянці висівали безпосередньо в ґрунт в другій декаді квітня. Глибина загортання насіння 0,5 мм. Появу

сходів відмічали через 10–12 днів. А через 7 днів у сходів з'являється перша пара справжніх листочків. Через 20 днів від появи сходів спостерігаємо появу третьої пари справжніх листочків. Спочатку сходи ростуть повільно, а при утворенні 2–3 пари справжніх листочків ріст рослин пришвидшується. При висоті сіянців 6–7 см їх пересаджували на постійне місце в поле. Розсаду саджали по схемі 70 см міжряддя і 50 см в ряду. Площа живлення однієї рослини становила 0,35 см.

У перший рік свого життя рослини переходять у генеративний стан. У пазухах листків головного стебла (центрального пагону), починаючи з 3–4 пари і вище, розвиваються бічні пагони першого порядку, що дають, у свою чергу, пагони другого порядку, які закінчуються термінальними, густими, колосоподібними суцвіттями. Від посіву до цвітіння проходить три місяці. Масове цвітіння рослин першого року спостерігається у третій декаді червня, плодоношення у третій декаді серпня. Завдяки наявності численних бічних пагонів першого і другого порядку, рослини першого року набувають вигляду розлогого куща.

Для вивчення впливу добрив на ріст і розвиток рослин *A. foeniculum* нами проводився обробіток рослин різними нормами препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 (табл. 1). Заміри габітусу кущів та органів рослин проводилися у фазі масового цвітіння.

Таблиця 1

Залежність біометричних показників вегетативних та генеративних пагонів рослин *A. foeniculum* першого року розвитку від дози внесення препарату (середнє за 2020–2022 рр.)

Фактор А – сорт	Фактор Б – доза внесення препарату, л/га	Біометричні показники						
		Висота рослин, см	Діаметр кущів, см	Кількість пагонів I порядку, шт.	Кількість пагонів II порядку, шт.	Довжина пагона I порядку, см	Довжина пагона II порядку, см	Кількість суцвіть, шт.
'Лелека'	без обробки	79,9	67,5	11,9	27,0	45,5	18,0	42,4
	4,0	96,0	74,8	14,2	28,7	48,3	19,7	44,6
	5,0	117,0	79,4	15,0	29,8	49,2	21,0	46,6
	6,0	94,8	78,0	13,5	28,1	48,6	20,1	43,8
	7,0	89,3	72,6	12,6	27,8	46,3	19,4	43,7
'Синій велетень'	без обробки	71,1	69,0	12,2	27,6	47,2	17,6	44,0
	4,0	83,0	76,0	14,6	29,7	49,1	19,1	46,4
	5,0	104,3	82,6	15,5	31,2	50,0	20,0	50,4
	6,0	88,1	82,0	14,5	30,5	49,0	19,1	48,2
	7,0	82,4	80,6	13,6	29,1	48,2	18,9	46,0
Оцінка істотності часткових відмінностей								
H _{IP} 0,05	A =	1,890	1,889	0,222	0,612	0,064	0,444	1,614
	B =	1,284	1,046	0,310	0,298	0,341	0,328	0,583
Оцінка істотності середніх (головних) ефектів								
H _{IP} 0,05	A =	0,845	0,845	0,099	0,274	0,029	0,199	0,722
	B =	0,908	0,739	0,219	0,211	0,241	0,232	0,412
Частка впливу факторів, %	A	14,8	12,7	7,5	26,4	17,7	13,3	36,4
	B	83,7	80,5	89,0	66,8	76,3	82,5	56,2
	AB	1,2	5,9	1,7	5,5	4,6	1,7	5,9
	Залишкове	0,2	0,8	1,8	1,3	1,4	2,5	1,5

Залежно від норм внесення препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 висота рослин *A. foeniculum* першого року розвитку у сорту 'Лелека' варіювала від 79,9 до 117,0 см, а у сорту 'Синій велетень' від 71,1 до 104,3 см, діаметр кущів – від 67,5 до 79,4 см та від 69,0 до 82,6 см відповідно.

Внесення різних норм препарату позначилося і на формуванні кількості та довжини пагонів I та II порядків, а також на кількості суцвіть. Так, залежно від норми внесення препарату рослини сорту 'Лелека' мали в середньому 11,9–15,0 пагонів I порядку, довжина яких варіювала від 45,5 до 49,2 см, 27,0–29,8 пагонів II порядку із довжиною 18,0–21,0 см, що дало змогу рослинам сформувати 42,4–46,6 суцвіть.

Рослини сорту 'Синій велетень' у середньому мали 12,2–15,5 пагонів I порядку із довжиною 47,2–50,0 см, 27,6–31,2 пагонів II порядку із довжиною 17,6–20,0 см, що забезпечило формування 44,0–50,4 суцвіть на кущі.

Встановлено, що найбільші значення біометричних показників вегетативних та генеративних органів рослин *A. foeniculum* було сформовано за застосування норми внесення препарату 5 л/га. Подальше збільшення норми внесення препарату до 7,0 л/га призвело до зменшення зазначених показників.

Застосування препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 із нормою внесення 5 л/га дозволило збільшити висоту рослин *A. foeniculum* 'Лелека' на 46,4 %, а 'Синій велетень' на 46,7 %. Також цей варіант досліду призвів до збільшення в довжини пагонів I порядку в середньому на 8,1 % та пагонів II порядку на 16,7 % для 'Лелека' та на 5,9 і 13,6 % відповідно для 'Синій велетень'.

Статистична обробка результатів досліджень свідчить, що дія всіх факторів та їх взаємодія мали значущість. Формування вегетативних та генеративних органів рослин *A. foeniculum* головним чином залежало від норми внесення препарату – Фактор В, при цьому частка впливу цього фактору в досліді, залежно від досліджуваного біометричного показника, становила 56,2–89,0 %. Найбільший вплив (89,0 %) норми внесення препарату (Фактор В) відзначено на формуванні показника кількості пагонів I порядку. Дещо менший вплив даного фактору встановлено при визначенні таких показників як висота рослин (83,7 %) та довжина пагонів II порядку (82,5 %). Найменшу частку впливу (56,2 %) Фактору В встановлено при формуванні кількості суцвіть. Частка впливу Фактору В на інші біометричні показники мала проміжні значення.

Сортові особливості рослин (Фактор А) також мали вплив на формування вегетативних та генеративних органів рослин *A. foeniculum*. Так, частка впливу даного фактору в досліді становила 7,5–36,4 %. Найбільшою мірою від особливостей сорту залежала кількість суцвіть, в даному випадку частка впливу Фактору А склала 36,4 %. Дещо менша частка впливу (26,4 %) біологічних особливостей сорту встановлена для кількості пагонів II порядку. Найменшим чином біологічні особливості сорту позначились на формуванні кількості пагонів I порядку, частка впливу фактору становила 7,5 %. Частка впливу Фактору А на формування інших біометричних показників мала проміжні значення.

Взаємодія факторів АВ незначною мірою позначилась на формуванні вегетативних та генеративних органів рослин *A. foeniculum*. Частка впливу взаємодії факторів АВ в досліді становила 1,2–5,9 %. Залишковий вплив інших чинників під час росту й розвитку рослин становив 0,2–2,5 %.

Встановлено, що між висотою рослин *A. foeniculum* та іншими біометричними показниками вегетативних та генеративних органів на фоні різних норм внесення препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 визначається сильний кореляційний зв'язок (рис. 1–6).

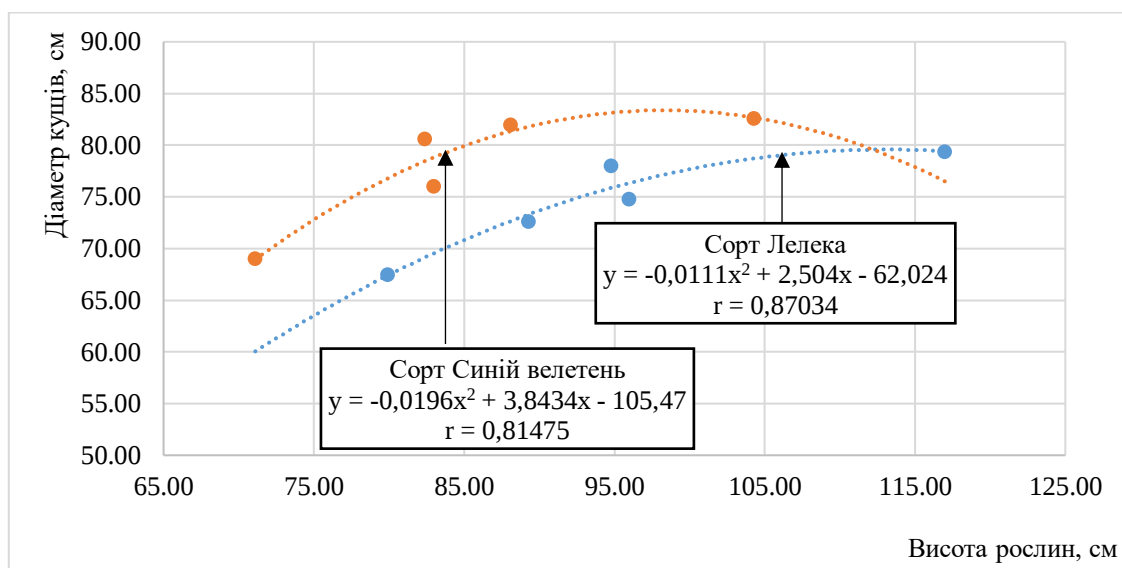


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель залежності діаметру кущів від висоти рослин *A. foeniculum*

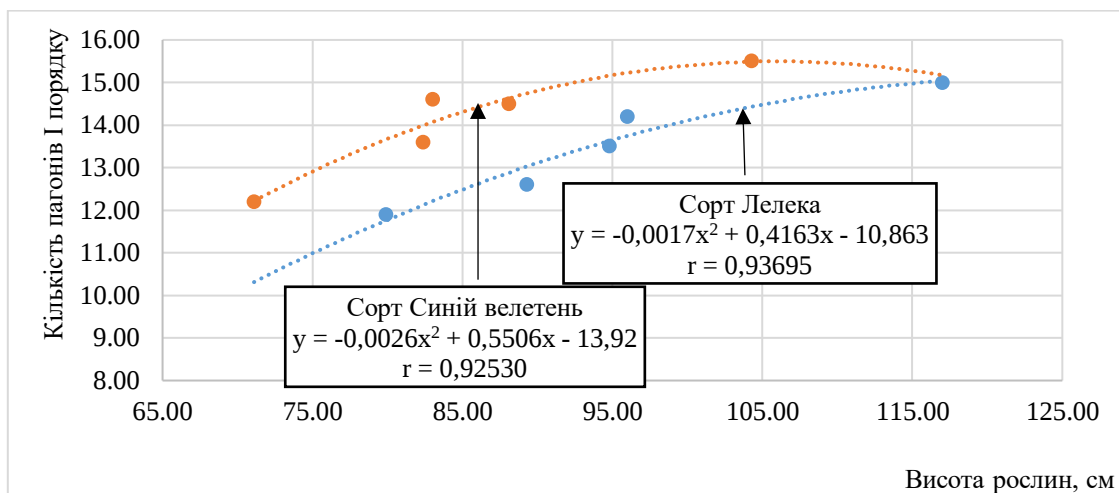


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель залежності кількості пагонів I порядку від висоти рослин *A. foeniculum*

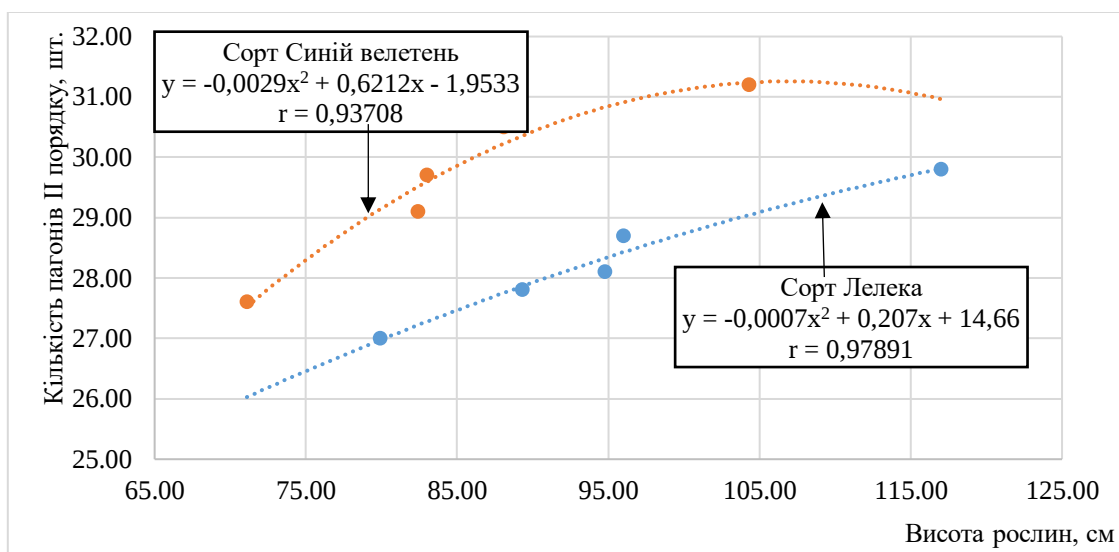


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель залежності пагонів II порядку від висоти рослин *A. foeniculum*

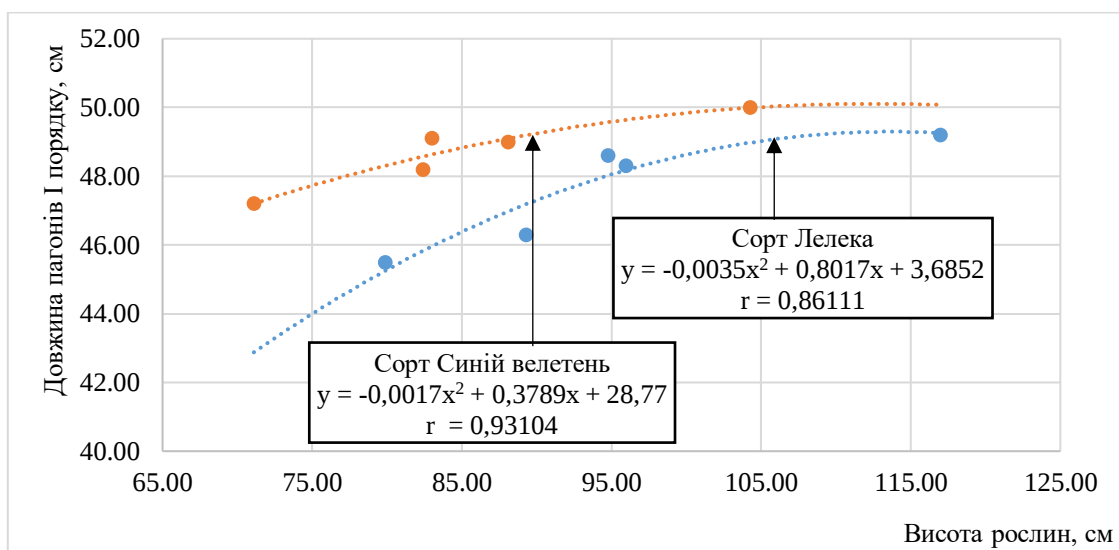


Рис. 4. Кореляційно-регресійна модель залежності довжини пагонів I порядку від висоти рослин *A. foeniculum*.

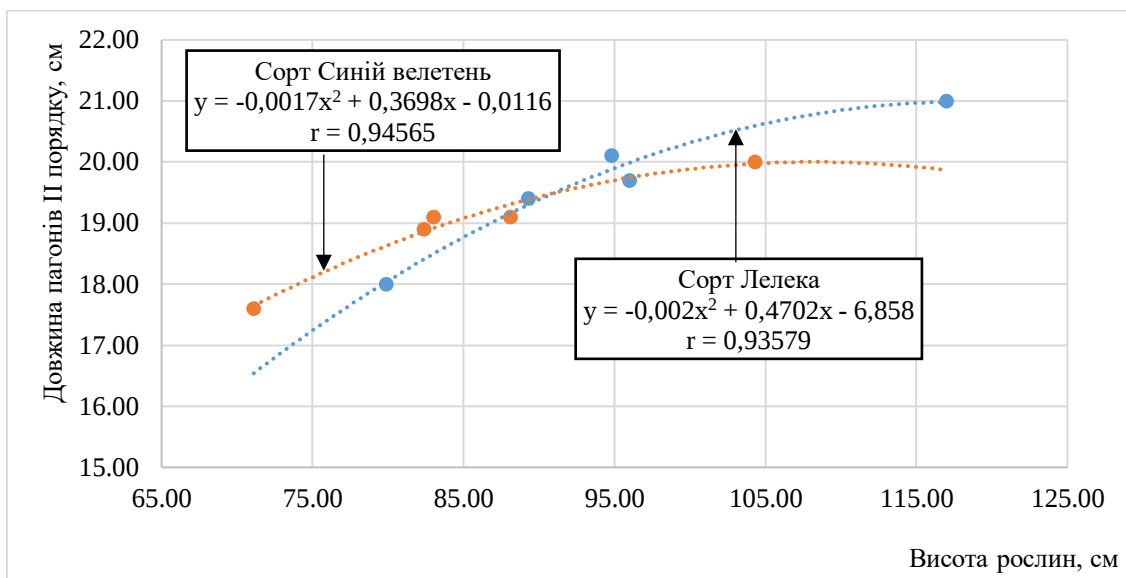


Рис. 5. Кореляційно-регресійна модель залежності довжини пагонів II порядку від висоти рослин *A. foeniculum*

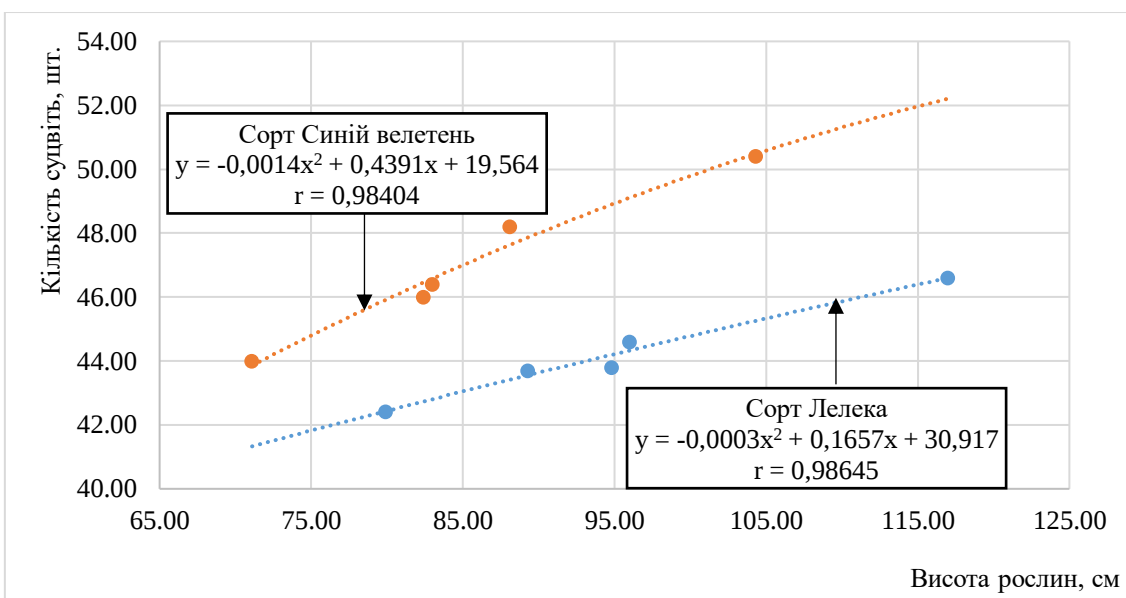


Рис. 6. Кореляційно-регресійна модель залежності кількості суцвіть від висоти рослин *A. foeniculum*

Коефіцієнт кореляції (r) між висотою рослин та іншими біометричними показниками вегетативних та генеративних органів на фоні різних норм внесення препарату для сорту 'Лелека' варіює від 0,86111 до 0,98645, а для сорту 'Синій велетень' – від 0,81475 до 0,98404 (рис. 1–6). При цьому найсильніший кореляційний зв'язок встановлено для залежності кількості суцвіть від висоти рослин (рис. 6).

Рівняння залежності біометричних показників вегетативних та генеративних органів від висоти рослин *A. foeniculum* носить поліномний характер та в загальному вигляді може бути представлено формулою 1:

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

де y – значення біометричного показнику вегетативного або генеративного органу рослини; x – висота рослин, см; a , b , c – коефіцієнти що залежать від особливостей впливу діючої речовини та норми внесення препарату на формування вегетативного або генеративного органу рослини.

Аналіз кореляційно-регресійних моделей свідчить про те, що під впливом підживлення препаратом відбувається збільшення всіх вегетативних та генеративних органів до досягнення максимальних значень висоти рослин в досліді.

Висновки

Застосування препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 при вирощуванні *A. foeniculum* в умовах Південного Степу України позитивним чином вплинуло на ріст і розвиток рослин. Найкращі значення біометричних показників вегетативних та генеративних органів рослин отримано за умови внесення препарату із нормою 5,0 л/га, що сприяло збільшенню висоти рослини *A. foeniculum* сорту 'Лелека' на 46,4 %, а рослин сорту 'Синій велетень' – на 46,7 %. Під дією препарату відбулося також і збільшення довжини пагонів I порядку в середньому на 8,1 % та пагонів II порядку на 16,7 % для сорту 'Лелека' та на 5,9 і 13,6 % відповідно для сорту 'Синій велетень'. Подальше збільшення норми внесення препарату призвело до зменшення значень всіх біометричних показників вегетативних та генеративних органів рослин в досліді.

Найбільша частка дії в досліді встановлена для Фактору В (норма внесення препарату), яка становила 56,2–89,0 %, залежно від визначаємого показнику. Найбільший вплив Фактор В чинив на формування показника кількості пагонів I порядку. Біологічні особливості сорту (Фактор А) меншою мірою впливали на формування біометричних показників вегетативних та генеративних органів рослин в досліді, частка дії фактору 7,5–36,4 %. Найбільшою мірою від особливостей сорту залежала кількість суцвіть.

Під впливом різних норм внесення препарату Квантум Діафан АСТіон 10-10-10 при вирощуванні *A. foeniculum* простежуються сильні кореляційні зв'язки між висотою рослин та іншими біометричними показниками вегетативних та генеративних органів рослин, при цьому відбувається збільшення всіх вегетативних та генеративних органів до досягнення максимальних значень висоти рослин в досліді.

Подяка. Завідувачу відділу культурної флори Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН Д. Б. Рахметову та старшому науковому співробітнику О. А. Корабльовій за наданий насіннєвий матеріал, який був отриманий нами у 2007 році.

Використана література

1. Zielińska S., Matkowski A. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae). *Phytochemistry Reviews*. 2014. Vol. 13. P. 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>
2. Duda S. C., Mărghițaș L. A., Dezmirean D. et al. Changes in major bioactive compounds with antioxidant activity of *Agastache foeniculum*, *Lavandula angustifolia*, *Melissa officinalis* and *Nepeta cataria*: Effect of harvest time and plant species. *Industrial Crops and Products*. 2015. Vol. 77. P. 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.045>
3. Мельничук О. А. Біолого-морфологічні особливості рослин роду *Lophanthus* Adanson при інтродукції в Кременецькому ботанічному саду. *Інтродукція рослин*. 2019. № 2. С. 47–54. URL: <http://www.nbg.kiev.ua/upload/introd/Intr-N2-19.pdf#page=47>
4. Luchian V., Săvulescu E., Toma M. et al. Some aspects of the anatomical features of the medicinal plant *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze (*Lophanthus anisatus* (Nutt.) Benth.). *Scientific Papers. Series B, Horticulture*. 2020. Vol. LXIV, No. 1. P. 671–678. URL: https://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art98.pdf
5. Lashkari A., Najafi F., Kavooosi Gh., Niazi S. Evaluating the *in vitro* anti-cancer potential of estragole from the essential oil of *Agastache foeniculum* [Pursh.] Kuntze. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020. Vol. 27. Article 101727. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101727>
6. Olennikov D. N., Kashchenko N. I. New Acacetin Glycosides and Other Phenolics from *Agastache Foeniculum* and Their Influence on Monoamine Oxidase A and B. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2024. Vol. 60, Iss. 4. P. 663–675. <https://doi.org/10.1134/S0003683824604402>
7. Shtereva L., Vassilevska-Ivanova R., Stancheva I. et al. Evaluation of antioxidant activity of *Agastache foeniculum* and *Agastache rugosa* extracts. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Science*. 2016. Vol. 69, Iss. 3. P. 295–302. URL: https://www.proceedings.bas.bg/cgi-bin/mitko/ODOC_abs.pl?2016_3_06
8. Strilbytska O. M., Zayachkivska A., Koliada A. et al. Anise Hyssop *Agastache foeniculum* increases lifespan, stress resistance, and metabolism by affecting free radical processes in *Drosophila*. *Frontiers in Physiology*. 2020. Vol. 11. Article 596729. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.596729>
9. Ivanov I. G., Vrancheva R. Z., Petkova N. T. et al. Phytochemical compounds of anise hyssop (*Agastache foeniculum*) and antibacterial, antioxidant, and acetylcholinesterase inhibitory properties of its essential oil. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2019. Vol. 9, Iss. 2. P. 072–078. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90210>
10. Nourozi E., Hosseini B., Hassani A. A reliable and efficient protocol for induction of hairy roots in *Agastache foeniculum*. *Biologia*. 2014. Vol. 69, Iss. 7. P. 870–879. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0382-8>

11. Ebadollahi A., Khosravi R., Sendi J. J. et al. Toxicity and physiological effects of essential oil from *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. *Annual Research & Review in Biology*. 2013. Vol. 3, Iss. 4. P. 649–658. <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/674>
12. Ebadollahi A. Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze essential oil against two stored-product insect pests. 2011. <https://utoronto.scholaris.ca/items/f53c16aa-9ab0-433d-9717-8aad15ffcaa0>
13. Vozhehova R., Svydenko L., Valentiuk N. et al. Status and prospects of the collection of essential oils and medicinal plant of the Institute of climate smart agriculture. *Ensuring Sustainable Agricultural Production through Mitigation and Adaptation of Global Climate Changes* : International scientific conference (Sept. 18, 2024, Azerbaijan, Guba). Guba, 2024. P. 255–260.
14. Мельничук О. А., Кубінська Л. А. Біологічні особливості *Lophanthus Anisatus* Adans в умовах кременецького горбогір'я України. *Біологічні дослідження. Збірник наукових праць*. Житомир : Рута, 2016. С. 122–124.
15. Котюк Л. А., Світельський М. М. Інтродукція перспективних пряноароматичних рослин на Житомирщині. *Біорізноманіття та стійкий розвиток* : матер. наук.-практ. конф. Сімферополь, 2012. С. 84–85. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3653>
16. Nourozi E., Hosseini B., Hassani A. A reliable and efficient protocol for induction of hairy roots in *Agastache foeniculum*. *Biologia*. 2014. Vol. 69, Iss. 7. P. 870–879. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0382-8>
17. Vârban R., Vidican R., Ona A. D. et al. Modelling plant morphometric parameters as predictors for successful cultivation of some medicinal *Agastache* species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022. Vol. 50, Iss. 1. Article 12638. <https://doi.org/10.15835/nbha50112638>
18. Omidbaigi R., Sefidkon F. Effect of sowing time on the essential oil content and composition of *Agastache foeniculum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2004. Vol. 7, Iss. 2. P. 190–194. <https://doi.org/10.1080/0972-060X.2004.10643391>
19. Omidbaigi R., Mahmoodi M. Effect of irrigation regimes on the essential oil content and composition of *Agastache foeniculum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 2010. Vol. 13, Iss. 1. P. 59–65. <https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882274>
20. Talebi S. F., Saharkhiz M. J., Kermani M. J. et al. Effect of different antimutagenic agents on polyploid induction of anise hyssop (*Agastache foeniculum* L.). *Caryologia*. 2017. Vol. 70, Iss. 2. P. 184–193. <https://doi.org/10.17129/botsci.2920>
21. Mahmoodi Sourestani M., Malekzadeh M., Tava A. Influence of drying, storage and distillation times on essential oil yield and composition of anise hyssop [*Agastache foeniculum* (Pursh.) Kuntze]. *Journal of Essential Oil Research*. 2014. Vol. 26, Iss. 3. P. 177–184. <https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882274>
22. Khorsandi O., Hassani A., Sefidkon F. et al. Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* Kuntz. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*. 2010. Vol. 26, Iss. 3. P. 438–451. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6807>
23. Kaboudani M., Omidbaigi R. Effect of different levels of n-fertilizer on the growth, development, essential oil content and compositions of *Agastache foeniculum* Kuntze. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2009. Vol. 6. Article 342. URL: <https://athmsi.org/journals/index.php/ajtcam/article/view/687>
24. Свиденко Л. В., Гудзь Н. І., Свиденко А. В. Результати інтродукції та селекції деяких видів нішевих ароматичних рослин в Степу Південному. *Climate-smart agriculture: science and practice*. Riga : Baltija Publishing, 2023. С. 225–241. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-12>
25. Свиденко Л. В., Кременчук Р. І. Стан і перспективи колекцій нових малопоширених субтропічних плодів культур, декоративних, ароматичних і лікарських рослин на півдні України. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 17. С. 75–86.
26. Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС). *Охорона прав на сорти рослин*. Київ : Алефа, 2007.
27. Методика післяреєстраційного вивчення сортів рослин (ПСВ) / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2015. 28 с.

References

1. Zielińska, S., & Matkowski, A. (2014). Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae). *Phytochemistry Reviews*, 13, 391–416. <https://doi.org/10.1007/s11101-014-9349-1>
2. Duda, S. C., Mărghițaș, L. A., Dezmirean, D., Duda, M., Mărgăoan, R., & Bobiș, O. (2015). Changes in major bioactive compounds with antioxidant activity of *Agastache foeniculum*, *Lavandula angustifolia*, *Melissa officinalis* and *Nepeta*

cataria: Effect of harvest time and plant species. *Industrial Crops and Products*, 77, 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.09.045>

3. Melnychuk, O. A. (2019). Biological and morphological features of plants of the genus *Lophanthus* Adanson during introduction in the Kremenets Botanical Garden. *Plant Introduction*, 2, 47–54. <http://www.nbg.kiev.ua/upload/introd/Intr-N2-19.pdf#page=47> [In Ukrainian]

4. Luchian, V., Săvulescu, E., Toma, M., Costache, N., Teodosiu, G., & Popa, V. (2020). Some aspects of the anatomical features of the medicinal plant *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze (*Lophanthus anisatus* (Nutt.) Benth.). *Scientific Papers. Series B, Horticulture, LXIV*(1), 671–678. https://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art98.pdf

5. Lashkari, A., Najafi, F., Kavooosi, Gh., & Niazi, S. (2020). Evaluating the in vitro anti-cancer potential of estragole from the essential oil of *Agastache foeniculum* [Pursh.] Kuntze. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101727. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101727>

6. Olennikov, D. N., & Kashchenko, N. I. (2024). New acacetin glycosides and other phenolics from *Agastache foeniculum* and their influence on monoamine oxidase A and B. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 60(4), 663–675. <https://doi.org/10.1134/S0003683824604402>

7. Shtereva, L., Vassilevska-Ivanova, R., Stancheva, I., Geneva, M., & Stoyanova, E. (2016). Evaluation of antioxidant activity of *Agastache foeniculum* and *Agastache rugosa* extracts. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 69(3), 295–302. https://www.proceedings.bas.bg/cgi-bin/mitko/0DOC_abs.pl?2016_3_06

8. Strilbytska, O. M., Zayachkivska, A., Koliada, A., Galeotti, F., Volpi, N., Storey, K. B., Vaiserman, A., & Lushchak, O. (2020). Anise hyssop *Agastache foeniculum* increases lifespan, stress resistance, and metabolism by affecting free radical processes in *Drosophila*. *Frontiers in Physiology*, 11, Article 596729. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.596729>

9. Ivanov, I. G., Vrancheva, R. Z., & Petkova, N. T. (2019). Phytochemical compounds of anise hyssop (*Agastache foeniculum*) and antibacterial, antioxidant, and acetylcholinesterase inhibitory properties of its essential oil. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(2), 72–78. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90210>

10. Nourozi, E., Hosseini, B., & Hassani, A. (2014). A reliable and efficient protocol for induction of hairy roots in *Agastache foeniculum*. *Biologia*, 69(7), 870–879. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0382-8>

11. Ebadollahi, A., Khosravi, R., & Sendi, J. J. (2013). Toxicity and physiological effects of essential oil from *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. *Annual Research & Review in Biology*, 3(4), 649–658. <https://journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/674>

12. Ebadollahi, A. (2011). Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze essential oil against two stored-product insect pests. University of Toronto. <https://utoronto.scholaris.ca/items/f53c16aa-9ab0-433d-9717-8aad15ffcaa0>

13. Vozhehova, R., Svydenko, L., & Valentiuk, N. (2024). Status and prospects of the collection of essential oils and medicinal plants of the Institute of Climate Smart Agriculture. In *Ensuring sustainable agricultural production through mitigation and adaptation of global climate changes: International scientific conference* (pp. 255–260). Guba, Azerbaijan. [In Ukrainian]

14. Melnychuk, O. A., & Kubinska, L. A. (2016). Biological features of *Lophanthus anisatus* Adans in the conditions of the Kremenets Hills of Ukraine. *Biological Research: Collected Scientific Papers*, 122–124. Ruta. [In Ukrainian]

15. Kotiuk, L. A., & Svitel'skyi, M. M. (2012). Introduction of promising aromatic plants in Zhytomyr region. In *Biodiversity and sustainable development: Proceedings of the scientific-practical conference* (pp. 84–85). Simferopol. <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3653> [In Ukrainian]

16. Nourozi, E., Hosseini, B., & Hassani, A. (2014). A reliable and efficient protocol for induction of hairy roots in *Agastache foeniculum*. *Biologia*, 69(7), 870–879. <https://doi.org/10.2478/s11756-014-0382-8>

17. Vârban, R., Vidican, R., Ona, A. D., Vârban, D., Stoie, A., Gâdea, Ștefania, Vâtcă, S., Stoian, V., Crișan, I., & Stoian, V. (2022). Modelling plant morphometric parameters as predictors for successful cultivation of some medicinal *Agastache* species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1), Article 12638. <https://doi.org/10.15835/nbha50112638>

18. Omidbaigi, R., & Sefidkon, F. (2004). Effect of sowing time on the essential oil content and composition of *Agastache foeniculum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 7(2), 190–194. <https://doi.org/10.1080/0972-060X.2004.10643391>

19. Omidbaigi, R., & Mahmoodi, M. (2010). Effect of irrigation regimes on the essential oil content and composition of *Agastache foeniculum*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(1), 59–65. <https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882274>

20. Talebi, S. F., Saharkhiz, M. J., Kermani, M. J., Sharafi, Y., & Raouf Fard, F. (2017). Effect of different antimitotic agents on polyploid induction of anise hyssop (*Agastache foeniculum* L.). *Caryologia*, 70(2), 184–193. <https://doi.org/10.17129/botsci.2920>

21. Mahmoodi Sourestani, M., Malekzadeh, M., & Tava, A. (2014). Influence of drying, storage and distillation times on essential oil yield and composition of anise hyssop [*Agastache foeniculum* (Pursh.) Kuntze]. *Journal of Essential Oil Research*, 26(3), 177–184. <https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882274>
22. Khorsandi, O., Hassani, A., Sefidkon, F., Shirzad, H., & Khorsandi, A. (2010). Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* Kuntz. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 26(3), 438–451. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6807>
23. Kaboudani, M., & Omidbaigi, R. (2009). Effect of different levels of N-fertilizer on the growth, development, essential oil content and compositions of *Agastache foeniculum* Kuntze. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 6, Article 342. <https://athmsi.org/journals/index.php/ajtcam/article/view/687>
24. Svydenko, L. V., Hudz, N. I., & Svydenko, A. V. (2023). Results of introduction and breeding of some niche aromatic plants in the Southern Steppe. In *Climate-smart agriculture: Science and practice* (pp. 225–241). Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-12>
25. Svydenko, L. V., & Kremenchuk, R. I. (2015). Status and prospects of collections of new rare subtropical fruit crops, ornamental, aromatic and medicinal plants in southern Ukraine. *Plant Genetic Resources*, 17, 75–86. [In Ukrainian]
26. Methodology for examination of plant varieties for distinctness, uniformity and stability (DUS). (2007). *Protection of Plant Varieties*. Alefa. [In Ukrainian]
27. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2015). *Methodology of post-registration study of plant varieties (PRS)*. Nilan-LTD. [In Ukrainian]

UDC 633/635:631.5:631.8:633.8

Svyrydovskyi, V. M., Svydenko, L. V., Marchenko, T. Yu., & Valentiuk, N. O.* (2025). Influence of different fertilisation rates on the growth and development of *Lophanthus anisatus* (Nutt.) Benth. cultivated in the Southern Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 13(2). <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.340379> [In Ukrainian]

*Institute of Climate Smart Agriculture of the NAAS of Ukraine, 24 Maiatska doroha St., Khlibodarske village, Odesa district, Odesa region, 67667, Ukraine, *e-mail: naval100@ukr.net*

Purpose. To investigate the effect of the application rate of Quantum Diaphan (high-purity concentrated compositions of NPK macronutrients with a complex of biologically active substances) on the plant growth and development indicators of *Agastache foeniculum* cultivated in the Southern Steppe. **Methods.** Plants of *A. foeniculum* varieties 'Leleka' and 'Synii Veleten' were studied. Field, laboratory, and measurement and weight research methods were used. Mathematical processing of the results was carried out using Agrostat software. **Results.** Depending on the application rate of Quantum Diaphan ACTion 10-10-10, the height of *A. foeniculum* plants of the first year of development varied from 79.9 cm to 117.0 cm in 'Leleka' and from 71.1 cm to 104.3 cm in 'Synii Veleten'. Plant diameter varied from 67.5 cm to 79.4 cm and from 69.0 cm to 82.6 cm, respectively. Depending on the application rate, plants of the 'Leleka' variety had 11.9–15.0 shoots of the 1st order, the length of which varied from 45.5 cm to 49.2 cm, and 27.0–29.8 shoots of the 2nd order with a length of 18.0–21.0 cm, which allowed the plants to form 42.4–46.6 inflorescences. Plants of the 'Synii Veleten' variety had on average 12.2–15.5 first-order shoots with a length of 47.2–50.0 cm, and 27.6–31.2 second-order shoots with a length of 17.6–20.0 cm, which ensured the formation of 44.0–50.4 inflorescences per shrub. The formation of vegetative and generative organs of *A. foeniculum* plants mainly depended on the application rate (Factor B), while the share of influence of this factor in the experiment was 56.2–89.0% depending on the determined biometric indicator. The share of influence of Factor A (varietal characteristics) was 7.5–36.4%. **Conclusions.** The application of Quantum Diaphan ACTion 10-10-10 for *A. foeniculum* cultivated in the Southern Steppe of Ukraine had a positive effect on the plant growth and development. The highest biometric indicators of vegetative and generative organs of plants were obtained at an application rate of 5.0 l/ha, which contributed to an increase in the height of *A. foeniculum* plants of the 'Leleka' variety of 46.4% and 'the Synii Veleten' variety of 46.7%. Under the effect of the formulation, the length of the first-order shoots increased by an average of 8.1% and of second-order shoots by 16.7% in 'Leleka' and by 5.9% and 13.6%, respectively, in 'Synii Veleten'. Further increase in the application rate of the formulation led to a decrease in the values of all biometric indicators of vegetative and generative organs of plants in the experiment.

Keywords: essential oil plants; *A. foeniculum*; vegetative and generative organs; cultivation technology; growth processes.

Надійшла / Received 07.08.2025
Погоджено до друку / Accepted 22.08.2025