

UDC 582.943

DOI: 10.58407/bht.2.26.2



Copyright (c) 2026 Svitlana Kormosh, Iryna Povlin, Inna Mytenko

Ця робота ліцензується відповідно до [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) / This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Світлана Кормош, Ірина Повлін, Інна Митенко

АГРОБІОЛОГІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ГЕНОТИПУ *AGASTACHE FOENICULUM* (PURSH) KUNTZE) ТА ІНШИХ ВИДІВ РОДУ *AGASTACHE* L. У ФОРМУВАННІ СТАЛИХ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ



Svitlana Kormosh, Iryna Povlin, Inna Mytenko

AGROBIOLOGICAL POTENTIAL OF GENOTYPE OF *AGASTACHE FOENICULUM* (PURSH) KUNTZE) AND OTHER GENUS SPECIES *AGASTACHE* L. IN THE FORMATION OF STABLE AGROPHYTOCENOSES

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Метою дослідження було здійснити комплексну агробіологічну оцінку нових генотипів роду *Agastache* в агрокліматичних умовах Карпатського регіону та визначити їхню придатність для формування сталих багаторічних агрофітоценозів.

Методологія. Дослідження проводили впродовж вегетаційних періодів 2021–2025 рр. у колекційно-інтродукційному розсаднику Інституту аграрних ресурсів та регіонального розвитку НААН. Дослідний матеріал охоплював вітчизняні сорти, місцеві селекційні лінії ЛАМ-1 і ЛАМ-2 та інтродуковані декоративні генотипи роду *Agastache*. У роботі поєднано фенологічні спостереження, аналіз тривалості міжфазних періодів, оцінку продуктивності рослин, розрахунок гідротермічного коефіцієнта Селянінова, відносної швидкості розвитку (V) та індексу інтенсивності (I) щодо стандартного сорту.

Наукова новизна. Обґрунтовано диференціацію генотипів роду *Agastache* за онтогенетичними стратегіями в умовах посилення гідротермічного стресу. Встановлено, що період 2021–2025 рр. характеризувався вираженою тенденцією до аридизації, з критично низькими значеннями гідротермічного коефіцієнта в окремі місяці. На цій основі дослідні зразки поділено на інтенсивний, помірний та екстенсивний типи розвитку.

Висновки. Зразок Black Adder виявив найвищу інтенсивність розвитку ($I=108,6\%$) і може розглядатися як генотип зі стратегією уникнення посухи завдяки прискореному проходженню фенологічних фаз. Сорт Лелека та нові селекційні лінії ЛАМ-1 і ЛАМ-2 сформували помірну групу ($I=89,8-91,7\%$) зі збалансованим ритмом онтогенезу, високою біологічною надійністю та доброю адаптацією до місцевого вегетаційного періоду. Генотипи Alabaster, Apache Sunset і Tangerine Dream належать до екстенсивної групи та характеризуються пролонгованим вегетативним розвитком і більшою залежністю від вологозабезпечення. Отримані результати свідчать, що ЛАМ-1 і ЛАМ-2 є перспективними генетичними ресурсами для селекції та моделювання сталих агрофітоценозів ефіроолійних і лікарських рослин в умовах мінливого клімату.

Ключові слова: рід *Agastache*, генотип, агрофітоценоз, гідротермічний коефіцієнт, фенологічна пластичність

ABSTRACT

Purpose of the work. The purpose of the study was to carry out a comprehensive agrobiological assessment of new genotypes of the genus *Agastache* under the agroclimatic conditions of the Carpathian region and to determine their suitability for the formation of stable agrophytocenoses.

Methodology. The research was conducted during the 2021–2025 growing seasons in the collection and introduction nursery of the Institute of Agricultural Resources and Regional Development of NAAS. The studied material included domestic varieties, local breeding lines LAM-1 and LAM-2, and introduced decorative genotypes of the genus *Agastache*. The analysis combined phenological observations, evaluation of interphase periods, assessment of productivity, and calculation of Selyaninov's hydrothermal coefficient, relative developmental rate (V), and intensity index (I).

Scientific novelty. The study substantiates the differentiation of *Agastache* genotypes according to their ontogenetic strategies under increasing hydrothermal stress. It was established that the 2021–2025 period was characterized by a pronounced tendency toward aridization, with critically low values of the hydrothermal coefficient in individual months. On this basis, the studied samples were divided into intensive, moderate, and extensive developmental types.

Conclusions. Black Adder showed the highest intensity of development ($I=108.6\%$) and can be regarded as a genotype with a strategy of drought avoidance due to the accelerated passage of phenological phases. The variety Leleka and the new breeding lines LAM-1 and LAM-2 formed a moderate group ($I=89.8\text{--}91.7\%$) with a balanced rhythm of ontogenesis, high biological reliability, and good adaptation to the local growing season. The genotypes Alabaster, Apache Sunset, and Tangerine Dream belonged to the extensive group and were characterized by prolonged vegetative development and higher dependence on moisture availability. The obtained results indicate that LAM-1 and LAM-2 are promising genetic resources for breeding and for modeling stable agrophytocenoses of essential oil and medicinal plants under changing climate conditions.

Key words: the genus *Agastache*, genotype, agrophytocenosis, hydrothermal coefficient, phenological plasticity

Вступ

У сучасних умовах глобальних екологічних трансформацій та антропо-генного тиску збереження і раціональне використання генетичних ресурсів стає стратегічним пріоритетом для сталого розвитку аграрного сектору. Стан світового агробіорізноманіття потребує негайних заходів щодо мобілізації та адаптації генофонду культурних рослин для забезпечення не лише продовольчої, а й нутриціологічної безпеки (FAO, 2019). Особливо гостро ця проблема постає для ефіроолійних та лікарських культур, які є джерелом унікальних біологічно активних сполук. Серед них особливе місце займають генотипи роду *Agastache*, що характеризується високою біологічною пластичністю та економічною цінністю.

Тенденція до переходу суспільства на засади здорового способу життя (Wellness-індустрія) зумовлює зростання попиту на натуральну ароматичну продукцію. Різноманітність асортименту харчових продуктів функціонального призначення потребує залучення нових видів сировини, багатих на антиоксиданти та ефірні олії. У цьому контексті лофант виділяється серед інших представників родини Lamiaceae своєю невибагливістю до агрокліматичних умов, тривалим періодом вегетації та стійкістю до патогенів (Rakhmetov et al., 2016).

Важливим науковим завданням є збагачення вітчизняного генофонду через інтродукцію нових цінних зразків, що дозволяє створювати вихідний матеріал для селекції адаптованих сортів. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції, розроблені академіком Д. Б. Рахметовим (2011),

вказують на те, що успішна акліматизація видів є фундаментом для фітодизайну та промислового рослинництва. Проте посилення аридності клімату, згідно зі звітами ІРСС (2022), висуває нові вимоги до адаптивного потенціалу інтродуцентів.

Дослідження фітохімічного профілю роду *Agastache* підтверджують значну варіабельність вторинних метаболітів – зокрема фенілпропаноїдів (естрагол) та терпенів – залежно від генотипу та едафічних чинників Piatczak et al., 2022). Це робить лофант перспективним об'єктом для сучасної фармакології, зокрема для створення протизапальних та антибактеріальних препаратів (Shanaida, 2021). Історичний досвід та сучасний аналіз поширення цих рослин у культурі підтверджують їхній високий потенціал як універсальних садових, медоносних та ефіроолійних форм (Ju Hyeon An et al., 2018).

Важливим напрямом у селекції з родом *Agastache* є створення форм з коротким періодом до фази цвітіння, що дозволило б сформувати повноцінний урожай продуктивної сировини і можливість повторного скошування отави. Для розширення і збереження, як видового так і сортового складу рослин, що використовуються у селекції з метою отримання декоративних і адаптованих до умов агрокліматичних зон сортів – інтродукція ароматичних та ефіроолійних рослин є надзвичайно важливим чинником. Тому, виходячи із вищевказаного метою роботи є комплексна агробіологічна оцінка нових генотипів роду *Agastache* за показниками адаптивності та морфо-біологічної пластичності для обґрунтування їх використання у формуванні сталих агрофітоценозів.

Для досягнення мети досліджень були вирішені наступні завдання: проаналізовані особливості росту та розвитку нових генотипів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах (визначені тривалість міжфазних періодів та темпи наростання біомаси), досліджені морфометричні параметри рослин (висота, облиствленість, площа асиміляційної поверхні) як індикатори реалізації агробіологічного потенціалу генотипів, оцінена стійкість досліджуваних зразків до стресових чинників довкілля та їхня здатність до самовідновлення в структурі агрофітоценозу, виділено найбільш перспективні генотипи за сукупністю агробіологічних ознак для подальшого впровадження у виробництво та селекційний процес.

Матеріали та методи дослідження

Важливим чинником збагачення сортового складу є інтродукція нових зразків світової флори. Колекція ІАРРП НААН постійно поповнюється новими інтродуцентами роду *Agastache*, а саме: *A. rupestris*, *A. rugosa*, *A. tibetica*. Попри значний потенціал, колекція ІАРРП НААН у період 2021–2023 років зазнала суттєвих втрат через кліматичну невідповідність окремих інтродуцентів. Повна загибель таких зразків, як Little Adder, Korean Zest та *Agastache tibetica*, свідчить про обмежену екологічну пластичність іноземних сортів.

На початок 2025 року в колекційно-інтродукційному розсаднику збереглося лише 9 зразків, зокрема сорти Початок, Лелека, Синій велетень, Alabaster, Apache Sunset, Black Adder, Tangerine Dream та форми ЛАМ-1, ЛАМ-2. Для розширення та збереження видового і сортового складу в умовах агрокліматичних змін головним етапом є порівняльна оцінка адаптивності та продуктивності інтродукованих та наявних генотипів лофанту.

Досліджено біологічний потенціал представників роду *Agastache* (зокрема *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze), відомого у вітчизняній практиці під синонімічною назвою *Lophanthus anisatus* Benth.».

Вплив агрокліматичних чинників на морфо-фізіологічні показники та темпи розвитку представників роду *Agastache* є визначальним фактором його адаптивного потенціалу.

Аналіз табличних даних ГТК за період 2021–2025 рр. (табл. 1) дозволяє оцінити ступінь зволоження та теплозабезпеченості вегетаційних періодів лофанту. 2021–2022 роки (посушливий та екстремально посушливий періоди (ГТК за сезон – 0,6 та 0,1) характеризувався глибоким дефіцитом вологи, особливо в червні (0,2 й 0,0) та липні (0,4), що свідчить про практичну відсутність ефективних опадів на фоні високих температур.

Таблиця 1

Агрокліматична характеристика вегетаційних періодів 2021–2025 рр.

Місяць	ГТК					
	2021	2022	2023	2024	2025	СБП
Квітень	0,5	0,1	1,5	1,4	0,5	1,5
Травень	1,1	0,1	0,5	1,0	1,3	1,4
Червень	0,2	0,0	0,8	1,1	0,2	1,5
Липень	0,4	0,3	1,9	0,3	1,8	1,3
Серпень	1,1	0,4	0,6	0,1	0,3	1,1
Вересень	0,3	4,4	1,0	1,9	0,4	1,1
За період квітень-вересень	0,6	0,1	1,1	1,0	0,8	1,3

Примітка: Джерело сформовано авторами за даними Закарпатського обласного центру з гідрометеорології (Transcarpathian Center for Hydrometeorology, n.d.).

Такі умови є екстремальним стресом для інтродуцентів, що призводить до вимушеного спокою або передчасного завершення вегетації. Це критично для лофанту, оскільки

саме в червні відбувається інтенсивне наростання вегетативної маси. Вересень також був сухим (0,3 у 2021 році) і надмірно вологим у 2022 році (4,4), але ці показники

вже не мали суттєвого значення для основного етапу онтогенезу. 2023–2024 роки: оптимально-помірні періоди (ГТК 1,1 та 1,0). Ці роки були найбільш сприятливими для культури. У 2023 році достатнє зволоження на старті (квітень – 1,5) та в період цвітіння (липень – 1,9) забезпечило високий вихід зеленої маси. У 2024 році рівномірний розподіл вологи у першій половині літа (травень–червень ГТК 1,0–1,1), проте серпень був критично сухим (0,1), що сприяло швидкому досягненню насіння. 2025 рік: (недостатньо вологий, ГТК за сезон = 0,8) із вираженою нерівномірністю. Сухий старт (0,5) та сухий червень (0,2) стримували ріст, проте липень (1,8) компенсував дефіцит вологи, забезпечивши соковитість суцвіть під час збору сировини.

Загальний сезонний показник середніх багаторічних показників (СБП) становив 1,3, що відповідає зоні достатнього зволоження. Аналіз 2021–2025 років демонструє чітку тенденцію до аридизації (опустелювання) клімату в Карпатському регіоні, до якого віднесено і територію ІАППР НААН: 1) дефіцит вологи: жоден з досліджуваних років не досяг рівня СБП за весь сезон; 2) червневий провал: у чотирьох з п'яти років червень був суттєво сухішим за норму (1,5), що є лімітуючим фактором для формування врожаю зеленої маси; 3) температурна компенсація: оскільки ГТК – це відношення опадів до температур, низькі значення свідчать не лише про відсутність дощів, а й про аномально високі температури, що підсилюють випаровування. Генотипи роду *Agastache*, як інтродуценти, гостро реагують на відхилення гідротермічного режиму від оптимальних значень, що модулює не тільки тривалість міжфазних періодів, а й біологічний профіль сировини.

Отже, дослідження проводили впродовж 2021–2025 рр. на дослідних полях Інституту

аграрних ресурсів та регіонального розвитку НААН України (с. Велика Бакта, Берегівський р-н, Закарпатська обл.), які за агрокліматичними умовами характеризуються помірно-континентальним кліматом із достатнім зволоженням, проте значною мінливістю температурного режиму за роками вегетації.

Методологія закладання польових дослідів базувалася на загальноприйнятих принципах наукових досліджень в агрономії. У роботі поєднано фенологічні спостереження, аналіз тривалості міжфазних періодів, оцінку продуктивності рослин, розрахунок гідротермічного коефіцієнта Селянінова, відносної швидкості розвитку (V) та індексу інтенсивності (I) щодо стандартного сорту (Bondarenko & Yakovenko, 2001; Andrushchenko & Kryvytskyi, 2007; Rakhmetov, 2011).

Результати дослідження та обговорення

Фенологічний моніторинг є ключовим інструментом оцінки адаптивного потенціалу інтродукованих видів, оскільки ритми розвитку рослин безпосередньо відображають їхню реакцію на зміну екологічних чинників. У ході досліджень 2021–2025 рр. було встановлено, що темпи онтогенезу нових генотипів роду *Agastache* визначалися специфікою гідротермічного режиму, зокрема значними відхиленнями показників зволоження від середньобагаторічних значень.

Отримані результати дозволяють диференціювати дослідні генотипи за ступенем їхньої адаптованості до аридних умов та оптимізувати технологічні схеми вирощування лікарської сировини в умовах мінливого клімату.

Встановлено, що терміни відновлення весняної вегетації залежали від генотипових особливостей зразків (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика колекційних генотипів роду *Agastache* за вегетаційним періодом (середнє за 2021–2025 рр.)

Зразки	Тривалість вегетаційного періоду від масових сходів до фаз, діб			
	відростання рослин	цвітіння	достигання насіння	відхилення від стандарту $\pm$
1	2	3	4	5
Початок (St)	10-19.04	88	138	–
ЛАМ-1	17-20.04	98	143	+5

Продовження Таблиці 2

1	2	3	4	5
ЛАМ-2	18-20.04	98	143	+5
Лелека	10-11.04	96	132	-6
Синій велетень	20-21.04	90	127	-11
Alabaster	20.04	108	132	-6
Apache Sunset	17.04	113	насіння не утворюється	-
Black adder	26-28.03	81	145	+7
Tangerine Dream	12-20.04	90	насіння не утворюється	-
НІР ₀₅		2,3	1,1	

Дані таблиці 2 демонструють значну генетичну мінливість дослідних зразків за показником початку весняного відростання. Це критично важливий етап, оскільки він визначає тривалість всього вегетаційного періоду та здатність виду і сорту максимально ефективно використовувати весняні запаси вологи в ґрунті.

Початок весняного відростання є першим індикатором адаптації інтродуцентів до умов середовища. Для генотипів роду *Agastache* цей процес тісно пов'язаний із переходом середньодобових температур через поріг +5...7°C та станом кореневої системи після перезимівлі. Аналіз отриманих даних дозволяє згрупувати дослідні зразки за темпами ініціації вегетації.

Абсолютним лідером за темпами відновлення вегетації виявився зразок Black Adder, який розпочав відростання ще у третій декаді березня (26-28.03). Це свідчить про низький температурний поріг активації фізіологічних процесів та високу зимостійкість даного генотипу. До групи ранніх також належить сорт Лелека (10-11.04), який стабільно випереджає стандарт та інші зразки на 7-10 діб. Ранній старт цих зразків дозволяє їм сформувати потужну розетку листя до настання червневого дефіциту вологи, що є важливою адаптивною перевагою в умовах агрозони. Раннє відростання зразка Black Adder створює передумови для отримання більш ранньої та якісної лікарської сировини, а також потенційно дозволяє отримати другий укіс (отаву) в цих умовах. Зазначимо, що хоча ранній старт (Black Adder, Лелека) є перевагою для накопичення біомаси, такі зразки можуть потрапляти під ризик пізньовесняних заморозків.

Більшість дослідних зразків, за виключенням контролю (St, 10-19.04), Apache Sunset (17.04) та Tangerine Dream (12-20.04), демонструють помірні темпи розвитку. Початок їх вегетації припадає на другу декаду квітня, що корелює із середньобагаторічними даними для даної кліматичної зони. Коливання термінів у межах 8-10 діб у зразка Tangerine Dream вказує на його вищу чутливість до мінливості весняних температур. Зразки ЛАМ-1 (17-20.04), ЛАМ-2 (18-20.04), Alabaster (20.04) та Синій велетень (20-21.04) характеризуються найбільш пізнім відростанням. Затримка старту вегетації на 10-25 днів порівняно з Black Adder обумовлена довшим періодом глибокого спокою, що може бути захисним механізмом від пізніх весняних приморозків.

Диференціація генотипів за тривалістю міжфазного періоду «сходи – початок цвітіння» є критично важливою для селекції, оскільки цей етап визначає оптимальне вікно для збору лікарської сировини. Тому за результатами досліджень всі зразки диференційовані на три групи, а саме:

Група I – швидкі (спринтери) – < 90 діб. Зразки Black Adder (81 доба) й Початок (St) (88 діб) максимально ефективно використовують стартові запаси вологи та швидко накопичують суму активних температур для переходу до репродукції, демонструють стабільний розвиток. Мають найкоротший вегетативний період. Це дозволяє проводити перший укіс уже в середині червня, що відкриває можливість для повноцінного другого укусу (отави).

Група II – середньостиглі (стабільні) – 90-100 діб. Найбільш чисельна група, яка поєднує достатній час для формування

вегетативної маси з вчасним вступом у фазу цвітіння. Синій велетень та Tangerine Dream (по 90 діб) демонструють інтенсивний темп розвитку. Попри те, що відростання у них може бути пізнішим, вони «надолужують» час на етапі інтенсивного росту стебла. Лелека (96 діб) зразок вітчизняної селекції, що стабільно входить у цвітіння на 8 діб пізніше стандарту. ЛАМ-1 та ЛАМ-2 (98 діб) – нові генотипи, що характеризуються помірним темпом розвитку. Вони формують щільніший кущ за рахунок довшого вегетативного періоду.

Група III – пізньостиглі (гіганти) – > 100 діб. Зразки з подовженим циклом вегетативного росту. Вони формують найбільшу біомасу, але вимагають стабільного зволоження у липні та потребують значно більшої суми активних температур для переходу до генеративної фази, що необхідно враховувати при плануванні укосів.

Alabaster (108 діб) потребує на 20 діб більше часу порівняно зі стандартом для

ініціації цвітіння. А Apache Sunset (113 діб) – найбільш пізній генотип. Його розвиток пролонгований майже на місяць порівняно з лідером групи (Black Adder). Це робить його ідеальним для пізньолітнього медозбору.

Якісним показником, що відображає швидкість проходження рослиною етапів онтогенезу в одиницю часу є відносна інтенсивність розвитку. Якщо тривалість фази в днях є кількісною характеристикою, то інтенсивність ($V=1/n$) вказує на біологічну «напруженість» фізіологічних процесів. В умовах інтродукції цей показник є вирішальним для оцінки адаптивності. Висока інтенсивність розвитку часто є механізмом екологічного уникнення несприятливих умов (наприклад, літньої посухи), тоді як низька інтенсивність свідчить про стратегію максимального нарощування вегетативної потужності. Аналіз інтенсивності дозволяє виявити генотипи, які найбільш раціонально використовують гідротермічні ресурси регіону (табл. 3).

Таблиця 3

Відносна інтенсивність розвитку генотипів (період «сходи–цвітіння»), середнє за 2021–2025 рр.

Генотип	Діб (n)	Швидкість (V)	Інтенсивність до St (%)	Статус
Black Adder	81	0,0123	108,6 %	Надінтенсивний
Початок (St)	88	0,0114	100,0 %	Контроль (Еталон)
Синій велетень	90	0,0111	97,8 %	Висока інтенсивність
Tangerine Dream	90	0,0111	97,8 %	
Лелека	96	0,0104	91,7 %	Помірна інтенсивність
ЛАМ-1/ЛАМ-2	98	0,0102	89,8 %	
Alabaster	108	0,0093	81,5 %	Низька інтенсивність
Apache Sunset	113	0,0088	77,9 %	Мінімальна інтенсивність

Період «сходи-початок цвітіння» є фундаментом продуктивності, оскільки саме в цей час закладається архітектоніка куща та синтезується первинна біомаса. Показники відносної інтенсивності розвитку дозволяють перевести кількісні показники (кількість діб) у якісну оцінку «біологічної швидкості» онтогенезу. Це важливо для розуміння того, наскільки ефективно генотип використовує наявні ресурси тепла та вологи.

У досліджуваній колекції спостерігається значна амплітуда коливання інтенсивності – від 0,0123 (Black Adder) до

0,0088 (Apache Sunset). Тому, колекційні зразки диференційовані на чотири групи, а саме:

- група «Спринтерів» (Black Adder): цей зразок демонструє найвищу інтенсивність розвитку на початкових етапах. Це дозволяє йому завершити формування першого врожаю за найкоротший термін (81 доба), що на 8,6 % швидше за еталонний зразок. Така стратегія забезпечує гарантований збір якісної сировини до настання критичних липневих температур, тобто, дозволяє рослині завершити

вегетативну фазу до настання літнього піку аридності (червневої посухи), що ми бачили в аналізі ГТК для регіону.

- Група «Стабільної норми» (Синій велетень, Tangerine Dream): їхня інтенсивність розвитку лише на 2,2 % нижча за стандарт. Це свідчить про високу адаптивність цих генотипів до місцевих умов – вони практично ідентичні до еталонного зразка за темпами проходження фаз.
- Група «Повільного накопичення» (Alabaster, Apache Sunset): ці зразки розвиваються на 18,5–22,1 % повільніше за стандарт. Така стратегія онтогенезу вказує на «гігантський» тип розвитку – рослини витрачають більше часу на побудову складної морфологічної структури куща та накопичення вторинних метаболітів. Подовження вегетативного етапу до 108–113 діб сприяє формуванню більшої кількості пагонів другого та третього порядків, що підвищує декоративність, але подовжує час до отримання товарної продукції. Однак вони є критично залежними від наявності опадів у другій половині вегетації.
- Група «Помірної інтенсивності розвитку» (90–95 % відносно стандарту) представлена зразками Лелека, ЛАМ-1 та ЛАМ-2. Дані генотипи характеризуються збалансованим ритмом онтогенезу, де тривалість вегетативної фази (96–98 діб) забезпечує оптимальне співвідношення між темпами росту та накопиченням вторинних метаболітів. Помірні темпи проходження фенофаз свідчать про високу онтогенетичну стабільність цих зразків та їхню здатність до повної реалізації генетичного потенціалу в умовах помірно вологих років.

Показники швидкості розвитку в межах 0,0102–0,0104 свідчать про те, що дані генотипи проходять етап від сходів до цвітіння на 8,3–10,2 % повільніше, ніж стандартний зразок (St, $V=0,0114$). Така стратегія онтогенезу визначається як «помірно-консервативна». Зниження інтенсивності розвитку на ~10 % порівняно зі

стандартом дозволяє рослинам груп Лелека та ЛАМ сформувати потужнішу архітектоніку куща. Довший період до цвітіння (96–98 діб) сприяє збільшенню кількості міжвузлів та площі листової поверхні, що є критичним для ефіро-олійних культур. Завдяки помірній швидкості, ці зразки демонструють високу пластичність. Вони «не поспішають» вступати у генеративну фазу за перших ознак потепління, що захищає їх від можливих зворотних весняних холодів.

Аналіз інтенсивності у 89,8–91,7 % відносно еталона вказує на те, що ці генотипи ідеально адаптовані до довготривалого вегетаційного періоду регіону. Вони планомірно використовують суму активних температур, завершуючи формування врожаю в період найбільш стабільних гідротермічних показників (кінець липня – початок серпня).

Отже, диференціація за інтенсивністю розвитку дозволяє рекомендувати Black Adder як найбільш стійкий до весняно-літніх посух генотип. Натомість генотипи групи помірної інтенсивності (Лелека, ЛАМ-1, ЛАМ-2) складають основу для створення стабільних агрофітоценозів. Показник швидкості розвитку $V=0,010$ є індикатором високої біологічної надійності: рослини не піддаються швидкому «старінню» (переходу до насіння), що подовжує технологічне вікно збору лікарської сировини. На відміну від ультраранніх зразків, дані генотипи орієнтовані на максимальний вихід зеленої маси з одиниці площі, що досягається саме за рахунок помірних, генетично детермінованих темпів онтогенезу.

Показник тривалості періоду до досягання насіння характеризує загальну довжину вегетаційного циклу та здатність зразка формувати повноцінний насіннєвий матеріал. Цей період інтегрує всі адаптивні реакції рослини та визначає її здатність до повноцінного відтворення (самовідтворення) у нових умовах.

Загальна тривалість життя рослин коливалася в межах 127–146 діб. Проте, лідери за швидкістю на етапі цвітіння не завжди залишаються лідерами на етапі дозрівання.

Зразок Синій велетень демонструє найбільш гармонійне поєднання інтен-

сивності. Попри середні темпи зацвітання, він найшвидше завершує повний цикл (127 діб, що на 11 діб менше за стандарт). Це робить його найбільш «захищеним» від осінніх погодних ризиків і найбільш перспективним для зон із коротким безморозним періодом.

Найдовшим періодом вегетації вирізняються Tangerine Dream (146 діб) та Black Adder (145 діб). Цікаво, що Black Adder, попри ранній початок цвітіння, має тривалий період плодоутворення. Велика кількість часу між цвітінням і збором насіння (64–56 діб) сприяє кращій виповненості насіннєвого матеріалу та вищій масі 1000 насінин.

За загальною господарською оцінкою зразків за темпами дозрівання встановлено, що до ранньостиглих можна віднести Синій велетень (-11 діб), Лелека та Alabaster (-6 діб), що суттєво випереджають стандарт за термінами завершення вегетації.

Колекційні зразки ЛАМ-1 та ЛАМ-2 демонструють помірне відхилення від стандарту (+5 діб), що вказує на їхню високу стабільність та пристосованість до тривалого вегетаційного періоду. Зразок Tangerine Dream демонструє схильність до подовження вегетації, що в умовах Карпатського регіону дозволяє їм максимально використовувати осінній період.

Отримані дані підтверджують, що скорочення тривалості формування насіння у пізньостиглих інтродуцентів є

адаптивною реакцією на зниження середньодобових температур у кінці сезону, що може обмежувати їхню насіннєву продуктивність у північних регіонах України.

За результатами досліджень встановлено специфіку репродуктивної біології інтродуцентів в умовах низинної зони Закарпаття. Зокрема, зразки Apache Sunset та Tangerine Dream за даної лімітації гідротермічних умов подовжується фаза цвітіння, однак вони не формують життєздатного насіння, що зумовлює можливість їхнього відтворення виключно вегетативним способом.

Кореляція між датою відростання та загальною тривалістю вегетації не завжди є прямою. Наприклад, Black Adder має найраніший старт, але один із найпізніших термінів досягання насіння, що вказує на розширений репродуктивний період. Водночас Синій велетень демонструє стратегію «стисненого» розвитку, швидко проходячи всі етапи від цвітіння до формування насіння. Ці дані є базовими для створення стабільних агрофітоценозів, оскільки дозволяють комбінувати зразки з різними ритмами розвитку для безперервного отримання сировини.

На основі вищенаведених даних та статистичного показника $HP_{05}(2,3 \text{ доби})$, дослідні зразки можна розділити на три чіткі групи за темпами проходження фенологічних фаз (табл. 4).

Таблиця 4

Узагальнена характеристика генотипів за темпами розвитку

Група	Генотипи	Особливості онтогенезу
Інтенсивний тип	Black Adder, Синій велетень	Швидкий перехід до генеративної фази; висока ефективність використання весняної вологи.
Збалансований тип	Початок (St), Лелека, ЛАМ-1, ЛАМ-2	Рівномірне проходження фаз; найвища відповідність середньобагаторічним кліматичним нормам.
Екстенсивний тип	Apache Sunset, Alabaster, Tangerine Dream	Уповільнений розвиток; формування великої кількості квітучих пагонів; висока потреба у теплі та волозі на пізніх етапах.

Встановлено, що відносна інтенсивність розвитку лофанту є генетично детермінованою ознакою, яка суттєво корегується гідротермічними умовами. Найвищу адаптивну здатність в умовах Закарпаття виявили зразки *інтенсивного типу*, які завершують основні фази розвитку в період

найбільш сприятливого співвідношення тепла та вологи (травень-червень), уникаючи глибокої серпневої посухи.

Отже, аналіз міжфазних періодів свідчить про високу пластичність культури, проте виявляє чітку залежність тривалості вегетації від динаміки гідротермічного

коефіцієнта. Екстремальні умови 2021–2022 рр. (ГТК 0,1–0,6) спричинили трансформацію фенологічної кривої: спостерігалось явище «фенологічного стиснення», де дефіцит вологи на фоні високих температур призводив до примусового скорочення репродуктивних фаз. Натомість у помірно зволожені роки (2023–2024 рр.) ритм розвитку зразків відповідав біологічній нормі виду, що забезпечило максимальну тривалість періоду масового цвітіння.

При формуванні продуктивності виявлено зворотну кореляцію між швидкістю та виходом біомаси: ранньостиглі форми характеризуються короткими термінами накопичення сировини за відносно низької врожайності, тоді як пізньостиглі генотипи мають пролонгований період формування товарної маси з високими показниками виходу продукції. Попередній аналіз гібридного матеріалу свідчить, що при схрещуванні контрастних за стиглістю форм домінує тенденція до формування ранньостиглих нащадків із проміжною продуктивністю. Це відкриває перспективи цілеспрямованого добору пізньостиглої батьківської компоненти для скорочення вегетаційного періоду за окремими міжфазними етапами у потомстві.

Попри складні кліматичні умови останніх 5 років, досліджувані зразки виявили високий рівень адаптивності, сформувавши компактні, добре облистяні

кущі. За морфо-біологічними ознаками генофонд диференційовано на дві групи: 1) колекційні адаптовані зразки (вітчизняні сорти та місцеві форми): характеризуються потужним габітусом. Висота рослин варіювала від 78,9 см (сорт Початок) до 101,4 см (ЛАМ-1), діаметр куща – від 39,3 до 51,8 см. Показник багатостебловості досягав 5 шт. (ЛАМ-1, Лелека, Синій велетень); 2) декоративні інтродуценти: відзначаються компактністю (висота 63,5–80,0 см) та інтенсивним пагоноутворенням. Особливістю цієї групи є видовжена ланцетоподібна форма листової пластинки із зелено-сірим забарвленням та збільшена кількість суцвіть першого порядку (до 10 шт. у Apache Sunset).

За результатами багатофакторного аналізу морфологічних ознак виділено групу лідерів, що поєднують максимальну кількість позитивних селекційних характеристик, а саме: серед колекційних зразків: Лелека та Синій велетень (8 ознак), ЛАМ-1 (7 ознак); серед декоративних інтродуцентів: Apache Sunset (9 ознак) та Tangerine Dream (6 ознак).

Аналіз кількісних показників продуктивності (табл. 5) свідчить про суттєву генотипову диференціацію зразків за основними господарсько-цінними ознаками. Усереднені дані за 2021–2025 рр. відображають вплив агрокліматичних умов періоду досліджень на формування біомаси та структуру врожаю.

Таблиця 5

**Продуктивність ароматичної сировини різних видів роду
Agastache, середнє за 2021–2025 рр.**

Зразок (форма)	Урожайність, т/га	Маса рослини, г	Вихід листків і суцвіть, %
Початок (St)	5,4	113,5	56,4
ЛАМ-1	7,2	146,0	60,3
ЛАМ-2	7,6	189,3	54,3
Лелека	6,8	158,0	50,2
Синій велетень	7,9	159,9	52,0
Alabaster	5,8	100,8	49,1
Apache Sunset	4,2	80,7	43,6
Black Adder	3,8	78,1	45,9
Tangerine Dream	4,3	78,3	40,7
HIP ₀₅	0,52	6,52	-

Показник індивідуальної продуктивності зразків варіював у широкому діапазоні: маса однієї рослини становила від 78,1 г/росл. (у сорту Black adder) до 189,3 г/росл. (у форми ЛАМ-2). Відповідно, урожайність ароматичної сировини корелювала з масою рослин і знаходилася в межах від 3,8 т/га до 7,9 т/га. Максимальні показники врожайності зафіксовано у вітчизняних та місцевих генотипів. За масою однієї рослини переважав зразок ЛАМ-2 (189,3 г), що забезпечило врожайність на рівні 7,6 т/га. Найвищу врожайність у досліді продемонстрував сорт Синій велетень (7,9 т/га) при масі рослини 159,9 г. Генотип ЛАМ-1 також виявив стабільно високий результат: урожайність 7,2 т/га при масі рослини 146,0 г, що достовірно перевищує показники стандарту (сорт Початок) на 33,3 % ($HP_{05} = 0,52$ т/га). Такі результати свідчать про високий адаптивний потенціал цих зразків та їхню здатність до інтенсивного накопичення вегетативної маси в умовах Закарпаття.

Іноземні інтродуценти (Apache Sunset, Black Adder, Tangerine Dream) продемонстрували найнижчу продуктивність у досліді. Їхня врожайність варіювала в межах 3,8–4,3 т/га, що суттєво нижче за стандарт (5,4 т/га). Маса однієї рослини у цих зразків не перевищувала 80,7 г.

Особливу увагу приділено структурі врожаю, зокрема виходу продуктивної частини (суцвіття та листки), що коливався від 40,7 % до 60,3 %. Встановлено, що декоративні форми характеризуються достовірно нижчим вмістом корисної фракції порівняно з колекційними зразками. Це зумовлено їхніми морфологічними особливостями: наявністю дрібних листових пластинок та формуванням суцвіть за типом волоті або китиці (Tangerine Dream – 40,7 %, Apache Sunset – 43,6 %, Black Adder – 45,9 %).

За сукупністю показників урожайності та накопичення біомаси виділено групу найбільш перспективних генотипів для отримання рослинної сировини: Синій велетень (7,9 т/га; 159,9 г/росл.); ЛАМ-2 (7,6 т/га; 189,3 г/росл. 54,3 %); ЛАМ-1 (7,2 т/га; 146,0 г/росл., 60,3 %). Серед інтродукованого декоративного матеріалу відносно кращі результати продемонстрували зразки

Alabaster (5,8 т/га, 100,8 г/росл., 49,1 %) та Black Adder (3,8 т/га, 78,1 г/росл., 45,9 %).

Адаптивність генотипів є фундаментальним показником їхньої селекційної цінності, оскільки здатність рослин нівелювати вплив лімітуючих факторів довілля визначає стабільність майбутніх сортів. У зв'язку з цим, подальший етап селекційної роботи з *Agastache* передбачає комплексний аналіз параметрів адаптивності за наступними критеріями: коефіцієнт екологічної пластичності (b_i); специфічна адаптивна здатність (САЗ) і загальна селекційна цінність генотипу (СЦГ).

Комплексна оцінка адаптивного потенціалу за ознакою «урожайність ароматичної сировини» дозволила диференціювати досліджувані зразки за їхньою реакцією на мінливість умов довкілля і виділити групу генотипів з високою екологічною стабільністю ($b_i < 1$). Найменшу чутливість до лімітуючих факторів середовища виявили: генотип ЛАМ-1 ($b_i = 0,44$), сорти Синій велетень ($b_i = 0,75$), Лелека (0,84) та інтродуцент Black Adder (0,87), що свідчить про їхню здатність зберігати стабільну продуктивність у стресових агрокліматичних умовах і є цінними для селекції на адаптивність. Найвищі значення САЗ зафіксовано у зразків Alabaster (1750,5), ЛАМ-2 (1471,8) та Tangerine Dream (1216,9). Висока САЗ вказує на значний генетичний потенціал цих форм, який найповніше розкривається при оптимізації технології вирощування.

Інтегральна оцінка СЦГ дозволила визначити зразки з найбільш вдалим поєднанням високої середньої врожайності та стабільності.

Отже, пріоритетне значення для подальшого залучення у селекційний процес мають: Apache Sunset (СЦГ=33,6) – лідер за інтегральним показником; Початок (СЦГ=23,0) – стабільний стандарт; ЛАМ-1 (СЦГ=18,4) та Black Adder (СЦГ=17,8).

Висновки

Встановлено, що вегетаційні періоди 2021–2025 рр. характеризувалися вираженою тенденцією до аридизації, що підтверджується зниженням гідротермічного коефіцієнта (ГТК) до критичних значень (0,0–0,1) у червні та серпні. Такі умови виступали лімітуючим фактором, що

зумовив диференціацію дослідних генотипів за ступенем їхньої адаптивності.

Досліджувані зразки виявили значну генетичну мінливість за темпами онтогенезу. Встановлено амплітуду весняного відростання у 30 діб (від 26.03 у Black Adder до кінця квітня у ЛАМ-2) та розбіжність у загальній тривалості вегетації від 127 (Синій велетень) до 146 діб (Tangerine Dream).

На основі розрахунків відносної швидкості (V) виділено три стратегії розвитку: інтенсивна: (Black Adder, I=108,6 %) – тип «уникнення посухи» завдяки прискореному проходженню фаз; помірна: (Лелека, ЛАМ-1, ЛАМ-2, I=90-92 %) – збалансований тип, що демонструє

найвищу онтогенетичну стабільність та синхронність із кліматичною нормою регіону й екстенсивна: (Alabaster, Apache Sunset, I < 82 %) – «гігантський» тип із пролонгованим вегетативним періодом, що потребує додаткових заходів вологозбереження.

Нові генотипи ЛАМ-1 та ЛАМ-2 за показниками швидкості розвитку (V=0,0102) та тривалістю вегетації (143 доби) виявилися найбільш перспективними для створення стабільних агрофітоценозів у цьому регіоні. Їхня помірна інтенсивність розвитку забезпечує оптимальний баланс між накопиченням біомаси та стійкістю до гідротермічного стресу.

Фінансування / Funding

Дослідження не отримало зовнішнього фінансування / The research received no external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Первинні дані дослідження автори нададуть на запит зацікавлених осіб / The authors will provide the primary research data upon request to interested parties.

Подяка / Gratitude

Автори висловлюють подяку Інституту аграрних ресурсів та регіонального розвитку НААН за надання дослідницьких ресурсів / The authors express their gratitude to the Institute of Agrarian Resources and Regional Development of the NAAS for providing the research facilities.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

Під час підготовки цього рукопису використано штучний інтелект для оптимізації опису даних. Після використання цього інструменту автори ретельно переглянули та відредагували вміст за потреби та несуть повну відповідальність за остаточну опубліковану версію / During the preparation of this manuscript uses artificial intelligence to optimize data description. Following the application of this tool, the authors thoroughly reviewed and edited the content as necessary and take full responsibility for the final published version.

References

- Andrushchenko, A. V., & Kryvytskyi, K. M. (2009). Methodology for conducting examination of anise hyssop varieties (*Lophanthus anisatus* Benth.) for DUS. Methodology for conducting an examination of plant varieties of the medicinal and essential oil group for distinctiveness, uniformity and stability (VOS) (DUS) (PP. 360–369). <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f1d0aefa2c.pdf> (in Ukrainian)
Андрущенко А. В., Кривицький К. М. Методика проведення експертизи сортів лофанту анісового (*Lophanthus anisatus* Benth.) на ВОС // Методика проведення експертизи сортів рослин групи лікарських та ефіроолійних на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС). 2009. С. 360–369. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f1d0aefa2c.pdf>
- Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (Eds.). (2001). *Methodology of experimental work in vegetable and melon growing* (3rd ed., rev. and suppl.). Osnova. (in Ukrainian)
Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 369 с.
- FAO. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca3129en>
- IPCC. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Ju Hyeon An, Heung Joo Yuk, Doo-Young Kim, Chu Won Nho, Dongho Lee, Hyung Won Ryu. (2018). Evaluation of phytochemicals in *Agastache rugosa* (Fisch. & C.A.Mey.) Kuntze at different growth stages by UPLC-QToF-MS. *Industrial Crops and Products*, 112, P. 608-616. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.050>
- Piatczak, E., Kolniak-Ostek, J., Kozłowska, W., Bielcka, M., Stafiniak, M., Pencakowski, B., Sobiecka, A., Płachno, B., Matkowski, A., & Zielińska, S. (2022, August 28–31). *Polyphenolic profile in hairy root cultures of Agastache rugosa* (Fisch. & C. A. Mey.) Kuntze [Conference presentation]. 70th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research (GA), Thessaloniki, Greece. *Planta Med.*, 88, 1388–1389 <https://doi.org/10.1055/a-1950-7375> ISSN 0032-0943
- Rakhmetov, D. B. (2011). *Theoretical and applied aspects of plant introduction in Ukraine*. Agrarian Science. (in Ukrainian)
Рахметов Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграрна наука, 2011. 398 с.
- Rakhmetov, D. B., Kalevska, S. M., & Rakhmetov, S. O. (2016). Introduction of new and less common medicinal plants in Ukraine. In *Medicinal plants: Traditions and perspectives of research: Materials of the III International Conference* (pp. 71–73). <https://dslr.com.ua> (in Ukrainian)
Рахметов Д. Б., Калевська С. М., Рахметов С. О. Інтродукція нових та малопоширених лікарських рослин в Україні. Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень : матеріали III міжнар. конф. Березоточа, 2016. С. 71–73. <https://dslr.com.ua>.
- Transcarpathian Center for Hydrometeorology. (n.d.). *Data of the Berehove meteorological station*. Retrieved 2021-2025, from <http://gmc.uzhgorod.ua/metdata.php?StNo=33634>.
Закарпатський центр з гідрометеорології. (б. д.). Дані метеорологічної станції Берегово. Звернення 2021-2025. <http://gmc.uzhgorod.ua/metdata.php?StNo=33634>

Shanaida, M. I. (2021). Phytochemical analysis of terpenoid compounds in the raw material of some representatives of the tribe Mentheae (family Lamiaceae). *Pharmaceutical Journal*, (3), 5–13. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.3.12387>

Шанайда М. І. Фітохімічний аналіз сполук терпенової природи в сировині деяких представників триби Mentheae (родина Lamiaceae). *Фармацевтичний часопис*, (3), 5–13. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2021.3.12387>

Received: 10.06.2026. Accepted: 20.07.2026. Published: 07.09.2026.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Кормош С., Повлін І., Митенко І. Агробіологічний потенціал генотипу *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze та інших видів роду *Agastache* L. у формуванні сталих агрофітоценозів. *Biota. Human. Technology*. 2026. № 2. С. 21-33. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.2.26.2>

Cite this article in APA style as:

Kormosh S., Povlin I., Mytenko I. (2026). Ahrobiolohichniyi potentsial henotypu *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze ta inshykh vydiv rodu *Agastache* L. u formuvanni stalykh ahrofitotsenoziv [Agrobiological potential of genotype of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze and other genus species *Agastache* L. in the formation of stable agrophytocenoses]. *Biota. Human. Technology*, (2), 21-33. <https://doi.org/10.58407/bht.2.26.2> (in Ukrainian)

Information about the authors:

Kormosh S. [in Ukrainian: **Кормош С.**] ¹, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, e-mail: korsveta1967@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1694-8280

Institute of Agricultural Resources and Regional Development of NAAS, Head of the Laboratory of Rare Vegetable and Spice Crops
17 Svobody Avenue, Velyka Bakta, Zakarpattia region, 90252, Ukraine

Povlin I. [in Ukrainian: **Повлін І.**] ², Doctor of Philosophy (PhD) in Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, email: polin.iren@kmf.org.ua

ORCID: 0000-0001-6028-6168

Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian University
6 Kossuth Square, Berehove, 90202, Ukraine

Mytenko I. [in Ukrainian: **Митенко І.**] ³, Doctor of Philosophy (PhD) in Agricultural Sciences, Researcher, email: mytenko.iob@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8571-937X

Institute of Vegetable and Melon Growing of NAAS, Laboratory of Genetics, Genetic Resources and Biotechnology
1 Instyutyska Street, Seleksiynе, Kharkiv region, 62478, Ukraine

¹ Study design, data collection, manuscript preparation.

² Study design, data collection, manuscript preparation.

³ Data collection, manuscript preparation.