

**КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ГАРІДЖУК СВІТЛАНА ВАСИЛІВНА

УКД: 581.522.4.581.5:582.998.2:633.81(477.85)

**ДИСЕРТАЦІЯ
ІНТРОДУКЦІЙНА ОЦІНКА ТА АДАПТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ
ORIGANUM VULGARE L. У КУЛЬТУРІ (ПЕРЕДКАРПАТТЯ)**

Спеціальність 101 Екологія
Галузь знань 10 Природничі науки

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ С. В. Гаріджук

Науковий керівник: Різничук Надія Іванівна, кандидат біологічних наук,
доцент

Івано-Франківськ – 2026

АНОТАЦІЯ

Гаріджук С.В. Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 Екологія з галузі знань 10 Природничі науки. – Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2026.

Дисертаційне дослідження присвячене актуальній проблемі збереження біорізноманіття та оптимізації інтродукції лікарських рослин, зокрема материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.), в умовах Передкарпаття (Івано-Франківська область). Цей напрям дослідження набув актуальності через деградацію природних екосистем унаслідок активних воєнних дій та зумовив необхідність активізації агрономічних процесів у безпечних західних регіонах України для потреб фармацевтичної та харчової промисловості під час воєнного стану.

Метою дослідження є комплексна оцінка успішності інтродукції *Origanum vulgare* L. різними методами в умовах Івано-Франківського регіону (Передкарпаття), вивчення біологічних та морфологічних характеристик, аналіз особливостей онтогенезу та фенологічних ритмів, а також насіннєвої продуктивності інтродукованої популяції.

Робота побудована як багатоаспектне дослідження, що охоплює шлях від теоретичного пошуку до практичного впровадження *Origanum vulgare* L. в культуру шляхом її інтродукції. На початковому етапі опрацювали наукову літературу за темою та провели експедиційно-польові дослідження дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L.. Наступний крок роботи передбачав агрохімічний аналіз ґрунтів на обраних земельних ділянках для моделювання різних екологічних умов інтродукції. Інтродукцію *Origanum vulgare* L. здійснювали насіннєвим і вегетативним способами. Ключовим етапом роботи став моніторинг за

інтродукованими популяціями, а саме: спостереження за адаптацією рослин, етапами онтогенезу, зміною біоморфологічних ознак особин, зимостійкістю та насіннєвою продуктивністю.

Відповідно до наукових положень окремих досліджень встановлено, що інтродукція рослин являє собою цілеспрямований науково обґрунтований процес перенесення видів, сортів або генетичних форм за межі їхніх природних ареалів для впровадження у сільське господарство, збереження біорізноманіття та збагачення культурної флори. Цей процес тісно пов'язаний з акліматизацією, тобто здатністю рослин фізіологічно та морфологічно адаптуватися до нових едафо-кліматичних умов. Історичний розвиток інтродукції еволюціонував від стихійного обміну насінням у часи давніх цивілізацій до створення глобальних генних банків. На території України перші прояви інтродукції фіксуються ще в епоху трипільської культури, згодом вони набули розвитку в монастирських садах часів Київської Русі та аптекарських садах XVIII століття. Фундаментальне наукове підґрунтя цей напрям одержав у XX столітті завдяки розбудові мережі ботанічних та спеціалізованих акліматизаційних садів.

Доведено, що цінним об'єктом для інтродукції в сучасних реаліях є материнка звичайна (*Origanum vulgare* L.) як багаторічна ефіро-олійна трав'яниста рослина родини глухокропивних. Ботанічна структура виду характеризується розгалуженим чотиригранним стеблом, розвиненою кореневою системою та наявністю спеціалізованих епідермальних залозистих трихом, у яких відбувається біосинтез і накопичення вторинних метаболітів. Визначальну цінність становить біохімічний профіль рослини, основу якого формують ефірні олії з домінуванням фенольних монотерпенів, зокрема карвакролу та тимолу. Окрім летких сполук, фітокомплекс містить флавоноїди, тритерпенові кислоти та високі концентрації розмаринової кислоти, яка виступає потужним природним антиоксидантом.

Завдяки такому унікальному хімічному складу екстракти та ефірні олії материнки характеризуються широким спектром доведеної фармакологічної дії, що робить її вкрай затребуваною в медицині. Рослина проявляє виражену

антибактеріальну активність, здатну дестабілізувати клітинні мембрани патогенних бактерій та блокувати їхній внутрішньоклітинний зв'язок, що ефективно навіть проти мультирезистентних штамів. Протигрибкова дія екстрактів полягає в руйнуванні структури гіф небезпечних дріжджів та плісняви. Значний вміст антиоксидантних сполук забезпечує захист клітин організму від оксидативного стресу та чинить загальний імуномодулювальний ефект. Крім того, сучасні доклінічні дослідження підтверджують протипухлинний потенціал материнки, оскільки її біоактивні речовини здатні індукувати запрограмовану загибель ракових клітин та пригнічувати їхню проліферацію. У традиційній та доказовій медицині ці властивості також широко застосовуються для створення ефективних відхаркувальних, спазмолітичних та м'яких седативних препаратів.

Унаслідок проведених польових досліджень встановлено, що сучасний стан дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L. на території Карпат та Передкарпаття характеризується фрагментарністю. Під час проведення досліджень навколо території 38 громадах дикорослі ценопопуляції виявлено лише на природних територіях наближених до 6 з громад (Верховина, Кривопілля, Верхній Ясенів, Татарів, Нижнів, Яблуниця). З'ясовано, що проєктивне покриття виду коливається від 5–15% до 40–60%, а щільність генеративних пагонів становить від 5 до 60 шт./м², це спричинено значним антропогенним тиском (рекреаційна забудова, випасання худоби, неконтрольований збір), що призводить до пригнічення розвитку популяцій та підтверджує нагальну потребу введення виду в культуру.

За результатами агрохімічного аналізу субстратів вибраних земельних ділянок визначено, що едафічні умови можуть впливати на сценарії адаптації. Встановлено, що поверхнево-оглеєні дерново-підзолисті ґрунти дендропарку «Дружба» (вміст гумусу 2,5%, нітратного азоту 2,0 мг/кг, рухомого фосфору 111 мг/кг, рН 7,2) забезпечують оптимальну аерацію для генеративного розмноження, польова схожість сягає 92,6%. Водночас чорноземи земельної ділянки у м. Тлумач (гумус 6,0%, нітратний азот 4,2 мг/кг, рухомий фосфор 410 мг/кг, калій 163 мг/кг, рН 6,8), попри значний поживний потенціал, схильні до

утворення ґрунтової кірки, що створює бар'єр для проростання насіння, показник схожості знижується до 30,2%.

Для оцінки адаптивної здатності *Origanum vulgare* L. до регіону Передкарпаття було проведено спостереження за процесом інтродукції особин *Origanum vulgare* L. декількома способами, а саме: інтродукцією з насіння на двох земельних ділянках та саджанцями на одній земельній ділянці (м. Тлумач). Окрім того, було досліджено повний цикл онтогенезу інтродуцентів *Origanum vulgare* L. на першому та другому році життя.

З'ясовано, що на етапі першого року життя при насіннєвій інтродукції в умовах дендропарку «Дружба» польова схожість досягає 92,6%. Окрім того, було зафіксовано здатність інтродуцентів завершувати повний онтогенетичний цикл у рік посіву: від ювенільної стадії (висота пагона 2,76 см) до генеративної, що пов'язано зі значними кліматичними змінами регіону Передкарпаття. Зафіксовано, що на піку генеративної стадії середньовікові рослини досягають висоти 44,2 см, формують 5,67 щитоподібних суцвіть (по 15–21 квітці) та утворюють стрижнево-мичкувату кореневу систему довжиною до 35,0 см. Насіннєва продуктивність популяції першого року становила 5,30 г/м².

Установлено, що на другому році життя (в умовах дендропарку) морфогенетичні процеси суттєво посилюються та прискорюються завдяки успішній зимівлі інтродуцентів (96% збереження особин) і відновленню вегетації з бруньок на кореневищах.

У роботі простежено, що на другому році життя інтродуковані особини переходять у фазу інтенсивного вегетативного розширення. Зафіксовано стрімке нарощування фотосинтетичної маси (кількість листків на особину становить 110–120 штук, середня висота генеративних пагонів сягає 70–77 см). Репродуктивна здатність теж стрімко зростає, кількість суцвіть збільшується до 15–43 шт., а кількість сформованих насінин становить до 102,53 шт. Досліджено, що біологічна продуктивність досягає позитивних показників: із 2005 г/м² свіжої надземної біомаси отримано 976 г/м² кондиційної сухої сировини. Насіннєва

продуктивність популяції теж зросла майже вдвічі, а саме до 9,02 г/м², що є показником успішної адаптації інтродуцентів до умов Передкарпаття.

Детально проаналізовано інтродукцію насінням на земельній ділянці у м. Тлумач. З'ясовано, що поєднання високої вологоємності чорноземів (гумус 6,0%) та інтенсивних опадів призводить до запливання верхнього шару ґрунту та формування щільної кірки. Це спричиняє дефіцит кисню та механічну перешкоду для дрібних проростків, унаслідок чого польова схожість становила лише 30,2%. Попри едафічний стрес, особини успішно пройшли повний онтогенез: висота пагонів в іматурній стадії становила 10,55±2,5 см, у віргінільній – 27,8±2,22 см, а у генеративній – близько 41,13±3,03 см. Насіннева продуктивність у цих умовах склала 3,05 г/м², що підтверджує можливість завершення репродуктивного циклу навіть на важких субстратах.

За результатами дисертаційного дослідження обґрунтовано ефективність вегетативного методу інтродукції (саджанцями), дослідженого на ділянці в м. Тлумач. Доведено, що цей підхід нівелює ризики низької схожості на важких ґрунтах і забезпечує максимальну приживлюваність. Рослини виявили специфічну екологічну пластичність, сформувавши стійку низькорослу форму (середня висота пагона – 26,5 см), успішно завершили онтогенетичний цикл і сформували насіння в перший рік після пересадки.

Отримані результати дають об'єктивні наукові підстави констатувати високу успішність інтродукції *Origanum vulgare* L. в еколого-кліматичних умовах Передкарпаття. Фундаментальним критерієм успіху вважаємо здатність виду до повної реалізації генетичної програми в новому ареалі, що в цьому випадку підтверджено безперешкодним проходженням усіх фаз онтогенезу від проростання до формування життєздатного насіння протягом першого вегетаційного періоду. Те, що інтродуценти успішно розвивалися відповідно до місцевих температур та опадів, підтверджує успішну адаптацію *Origanum vulgare* L. до екологічних умов Передкарпаття. Особливої уваги заслуговує високий показник зимостійкості популяції, що вказує на ефективне функціонування механізмів фізіологічної

підготовки до стану спокою та здатності кореневої системи витримувати температурні коливання типових для регіону зим.

Адаптивна спроможність материнки звичайної оцінюється як висока, що науково доведено через механізми морфологічної пластичності та репродуктивної стратегії. Вид продемонстрував здатність до диференційованої відповіді на едафічні чинники, а саме формування специфічної низькорослої форми на важких чорноземах Тлумаччини як адаптації до вітрового режиму та механічного опору субстрату, й одночасну максимальну реалізацію ростового потенціалу на структурних ґрунтах дендропарку, де висота пагонів сягнула понад 70 сантиметрів. Щораз більша акліматизація підтверджується зростанням насіннєвої продуктивності на другому році життя (до 9,02 г/м²) та накопиченням значної фітомаси (976 г/м² сухої сировини). Таким чином, високий адаптивний потенціал інтродуцента дозволяє говорити про стабільність сформованих фітоценозів та їхню здатність до повноцінного самовідновлення, що робить *Origanum vulgare* L. перспективною культурою для промислового вирощування в регіоні.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці та експериментальному підтвердженні успішної інтродукції *Origanum vulgare* L. у специфічні еколого-кліматичні умови Передкарпаття (Івано-Франківщина). Сформовані результати дослідження дозволяють оптимізувати агротехнологічні процеси вирощування цієї культури з огляду на локальний мікроклімат та фізико-хімічні властивості ґрунтів.

Результати дослідження слугують надійною базою для створення фермерських та промислових плантацій. Впровадження розроблених основ дозволить стабільно отримувати високоякісну лікарську сировину, багату на цінні ефірні олії та розмаринову кислоту, яка має високий попит у сучасній фармації та харчовій промисловості.

Ключові слова: *Origanum vulgare* L., інтродукція рослин, морфометрія, акліматизація, біорізноманіття, біоекологічна оцінка, фенологічна стадія, рослини,

популяція, структурний аналіз, флора, екологічні фактори, лікарські рослини, рослинна сировина, морфометричний аналіз.

ANNOTATION

Haridzhuk S.V. Introduction Assessment and Adaptive Potential of *Origanum vulgare* L. in Culture (Precarpathia). – Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 101 Ecology, field of knowledge 10 Natural Sciences. – Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2026.

The dissertation research is devoted to the urgent problem of biodiversity conservation and the optimization of the introduction of medicinal plants, in particular oregano (*Origanum vulgare* L.), under the conditions of Precarpathia (Ivano-Frankivsk region). This area of research has become an acute necessity due to the degradation of natural ecosystems as a result of active hostilities and the need to intensify agronomic processes in the safer western regions of Ukraine for the needs of the pharmaceutical and food industries under martial law.

The aim of the study is a comprehensive assessment of the success of *Origanum vulgare* L. introduction using various methods under the conditions of the Ivano-Frankivsk region (Precarpathia), the study of biological and morphological characteristics, the investigation of the features of ontogenesis and phenological rhythms, as well as the analysis of the seed productivity of the introduced population.

The work is structured as a multifaceted study covering the path from theoretical research to practical implementation. At the initial stage, an analysis of scientific literature on the topic and expedition-field studies of wild populations of *Origanum vulgare* L. were conducted. The next step of the work involved the agrochemical analysis of soils in selected land plots to model various ecological conditions for introduction. The introduction of *Origanum vulgare* L. was carried out by seed and vegetative methods. A key stage of the work was the monitoring of introduced populations, namely: observation

of plant adaptation, stages of ontogenesis, changes in biomorphological features of individuals, winter hardiness, and seed productivity.

Based on the results of reviewing the scientific literature on the research topic, it was established that plant introduction is a purposeful, scientifically substantiated process of transferring species, varieties, or genetic forms beyond their natural distribution areas for implementation into agriculture, biodiversity conservation, and enrichment of the cultural flora. This process is closely related to acclimatization, that is, the ability of plants to physiologically and morphologically adapt to new edapho-climatic conditions. The historical development of introduction has evolved from the spontaneous exchange of seeds in ancient civilizations to the creation of global gene banks. On the territory of Ukraine, the first manifestations of introduction were recorded as early as the Trypillian culture era, later developing in monastery gardens during the times of Kyivan Rus and apothecary gardens of the 18th century. This field received its fundamental scientific basis in the 20th century through the development of a network of botanical and specialized acclimatization gardens.

It is proven that a valuable object for introduction in current realities is oregano (*Origanum vulgare* L.), a perennial essential oil-bearing herbaceous plant of the *Lamiaceae* family. The botanical structure of the species is characterized by a branched tetrahedral stem, a developed root system, and the presence of specialized epidermal glandular trichomes, where the biosynthesis and accumulation of secondary metabolites occur. The determining value lies in the biochemical profile of the plant, the basis of which is formed by essential oils with a dominance of phenolic monoterpenes, particularly carvacrol and thymol. In addition to volatile compounds, the phytocomplex contains flavonoids, triterpene acids, and high concentrations of rosmarinic acid, which acts as a powerful natural antioxidant.

Thanks to such a unique chemical composition, oregano extracts and essential oils are characterized by a wide spectrum of proven pharmacological action, making the plant highly demanded in medicine. It exhibits pronounced antibacterial activity capable of destabilizing the cell membranes of pathogenic bacteria and blocking their intracellular

communication, which is effective even against multiresistant strains. The antifungal effect of the extracts consists of destroying the hyphal structure of dangerous yeasts and molds. A significant content of antioxidant compounds provides protection of the body's cells from oxidative stress and exerts a general immunomodulatory effect. Furthermore, modern preclinical studies confirm the antitumor potential of oregano, as its bioactive substances can induce the programmed death of cancer cells and inhibit their proliferation. In traditional and evidence-based medicine, these properties are also widely used to create effective expectorant, antispasmodic, and mild sedative drugs.

As a result of the field studies conducted, it was established that the current state of wild populations of *Origanum vulgare* L. in the territory of the Carpathians and Precarpathia is characterized by fragmentation. During the research conducted around the territories of 38 communities, wild-growing coenopopulations were identified only in areas adjacent to 6 of them (Verkhovyna, Kryvopillia, Verkhni Yaseniv, Tatariv, Nyzhniv, and Yablunytsia). It was found that the projective cover of the species varies from 5-15% to 40-60%, and the density of generative shoots is from 5 to 60 units/m²; this is caused by significant anthropogenic pressure (recreational construction, cattle grazing, uncontrolled harvesting), which leads to the suppression of population development and confirms the urgent need to introduce the species into culture.

According to the results of the agrochemical analysis of the substrates from the selected land plots, it was determined that edaphic conditions can influence adaptation scenarios. It was established that the surface-gleyed sod-podzolic soils of the «Druzhba» dendrological park (humus content 2.5%, nitrate nitrogen 2.0 mg/kg, mobile phosphorus 111 mg/kg, pH 7.2) provide optimal aeration for generative reproduction, with field germination reaching 92.6%. At the same time, the chernozems of the land plot in Tlumach (humus 6.0%, nitrate nitrogen 4.2 mg/kg, mobile phosphorus 410 mg/kg, potassium 163 mg/kg, pH 6.8), despite their significant nutritional potential, are prone to forming a soil crust, which creates a barrier for seed germination, reducing the germination rate to 30.2%.

To assess the adaptive ability of *Origanum vulgare* L. to the Precarpathian region, observations of the introduction process of *Origanum vulgare* L. individuals were conducted using several methods, namely seed introduction on two land plots and seedling introduction on one land plot (Tlumach). In addition, the complete ontogenesis of the introduced *Origanum vulgare* L. plants during their first and second years of life was investigated.

It was found that at the stage of the first year of life during seed introduction under the conditions of the «Druzhba» dendrological park, field germination reaches 92.6%. In addition, the ability of the introduced plants to complete their full ontogenetic cycle in the year of sowing was recorded: from the juvenile stage to the generative one, which is associated with significant climatic changes in the Precarpathian region. It was recorded that at the peak of the generative stage, middle-aged plants form corymbose inflorescences and develop a tap-fibrous root system. The seed productivity of the first-year population was 5.30 g/m².

It was established that in the second year of life (under dendrological park conditions), morphogenetic processes significantly intensify and accelerate due to the successful wintering of the introduced plants (96% preservation of individuals) and the resumption of vegetation from rhizome buds.

The study recorded that in the second year of life, the introduced individuals enter a phase of intensive vegetative expansion. A rapid accumulation of photosynthetic mass is observed, alongside a sharp increase in the average height of generative shoots and a higher leaf count. Reproductive ability also increases rapidly, with a higher number of inflorescences and formed seeds. It was investigated that biological productivity reaches positive indicators: from 2005 g/m² of fresh above-ground biomass, 976 g/m² of conditioned dry raw material was obtained. The seed productivity of the population also almost doubled, namely to 9.02 g/m², which is an indicator of the successful adaptation of the introduced plants to the conditions of Precarpathia.

Seed introduction on the land plot in Tlumach was analyzed in detail. It was found that the combination of the high water capacity of chernozems (humus 6.0%) and intense

rainfall leads to the sealing of the upper soil layer and the formation of a dense crust. This causes oxygen deficiency and a mechanical obstacle for small seedlings, as a result of which the field germination was only 30.2%. Despite the edaphic stress, individuals successfully completed full ontogenesis through the immature, virginal, and generative stages. Seed productivity under these conditions was 3.05 g/m², which confirms the possibility of completing the reproductive cycle even on heavy substrates.

Based on the results of the dissertation research, the effectiveness of the vegetative method of introduction (using seedlings), investigated on the plot in Tlumach, was substantiated. It has been proven that this approach mitigates the risks of low germination on heavy soils and ensures maximum survival rate. The plants exhibited specific ecological plasticity, forming a stable low-growing form, successfully completed their ontogenetic cycle, and produced seeds in the first year after transplantation.

The results of the conducted study provide objective scientific grounds to assert the high success of the introduction of *Origanum vulgare* L. in the ecological and climatic conditions of Precarpathia. The fundamental criterion for success is considered to be the ability of the species to fully realize its genetic program in a new habitat, which in this case is confirmed by the unhindered passage of all phases of ontogenesis from germination to the formation of viable seeds during the first vegetative period. The fact that the introduced plants successfully developed in accordance with local temperatures and precipitation confirms the successful adaptation of *Origanum vulgare* L. to the ecological conditions of Precarpathia. The high winter hardiness of the population deserves special attention, indicating the effective functioning of the mechanisms of physiological preparation for dormancy and the ability of the root system to withstand temperature fluctuations typical of the region's winters.

The adaptive capacity of oregano is assessed as high, which is scientifically proven through the mechanisms of morphological plasticity and reproductive strategy. The species demonstrated the ability to produce a differentiated response to edaphic factors, namely the formation of a specific low-growing form on the heavy chernozems of the Tlumach district as an adaptation to the wind regime and mechanical resistance of the

substrate, and the simultaneous maximum realization of growth potential on the structured soils of the dendrological park, where the height of the shoots reached over 70 centimeters. Progressive acclimatization is confirmed by an increase in seed productivity in the second year of life (up to 9.02 g/m²) and the accumulation of significant phytomass (976 g/m² of dry raw material). Thus, the high adaptive potential of the introduced plant allows us to assert the stability of the formed phytocoenoses and their ability to fully self-renew, which makes *Origanum vulgare* L. a promising crop for industrial cultivation in the region.

The practical significance of the obtained results lies in the development and experimental confirmation of the successful introduction of *Origanum vulgare* L. in the specific ecological and climatic conditions of Precarpathia (Ivano-Frankivsk region). The generated research results allow for the optimization of agrotechnological processes of growing this crop, taking into account the local microclimate and physicochemical properties of soils.

The research results serve as a reliable basis for creating farm and industrial plantations. The implementation of the developed foundations will make it possible to consistently obtain high-quality medicinal raw materials rich in valuable essential oils and rosmarinic acid, which are in high demand in the modern pharmaceutical and food industries.

Keywords: *Origanum vulgare* L., plant introduction, morphometry, acclimatization, biodiversity, bioecological assessment, phenological stage, plants, population, structural analysis, flora, environmental factors, medicinal plants, plant raw materials, morphometric analysis.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України категорії Б:

1. Haridzhuk S., Riznychuk N., Phenology and Morphological Changes of *Origanum vulgare* L. during Introduction in the Precarpathian Region. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2025. № 12. С. 141–148.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnbio.12.141-148>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnbio/article/view/10018/9953>

2. Haridzhuk, S., & Riznychuk, N. Distribution of *Origanum vulgare* L. in the subcarpathian and carpathian regions for further cultivation within the Ivano-Frankivsk oblast. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2024. № 11. С. 183–188.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnbio.11.183-188>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnbio/article/view/9801/9984>

3. Гаріджук С., Різничук Н. І. Морфологічна мінливість інтродукованої та природної популяцій *Origanum vulgare* L. у Карпатському регіоні. *Екологічні науки*. 2025. № 5 (62/1). С. 163–167.

DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.24>

URL: https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2025/62/part_1/26.pdf

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. Гаріджук С. Порівняння морфологічних показників *Origanum vulgare* L. у межах Передкарпаття. «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності»: збірник матеріалів V Міжнародної наукової конференції. Кривий Ріг, Україна. 2025. С. 258–260.

URL: <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/1283/1348>

5. Гаріджук С. Адаптаційна здатність та особливості фенології *Origanum vulgare* L. в умовах інтродукції на Прикарпатті. *Сталий розвиток – стан та*

перспективи: збірник матеріалів V Міжнародного наукового симпозіуму. Львів-Славсько, Україна. 2026. С. 594.

URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2025/40390/importantdoc/06lushchymariyazbirnykmaterialivvsympoziumu.pdf>

6. Гаріджук С. Аналіз впливу агрохімічних показників ґрунту на схожість інтродукованого виду *Origanum vulgare* L. *DEVELOPMENT OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND CULTURE IN THE XXI CENTURY* збірник матеріалів: Міжнародної науково-практичної конференції. Варшава, Польща. 2025. С. 51–54.

URL: <https://emed.library.gov.ua/wp-content/uploads/tainacan-items/50160/199339/Development-of-Science-Technology-and-Culture-in-the-XXI-Century.pdf>

7. Гаріджук С. Дослідження інтродукції *Origanum vulgare* L. за рахунок порівняння інтродуцентів з насіння та саджанців у нових екологічних умовах Передкарпаття. *AMERICAN-UKRAINIAN FORUM OF SCIENCE AND EDUCATION*: матеріали збірника Міжнародної науково-практичної конференції. Нью-Йорк, США. 2026.

URL: <https://naukainfo.com/conference?id=114>

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	18
ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	25
1.1. Інтродукція рослин. Міжнародні центри інтродукції. Розвиток інтродукції рослин в Україні	25
1.1.1. Інтродукція рослин: розвиток, значення, особливості	25
1.1.2. Інтродукція рослин як процес збереження біорізноманіття	31
1.1.3. Одомашнення диких видів рослин, акліматизація рослин як частина процесу інтродукції	32
1.1.4. Класифікація процесу інтродукції. Види інтродукції рослин	34
1.1.5. Міжнародні центри інтродукції та збереження різних видів рослин	38
1.1.6. Переваги та недоліки процесу інтродукції рослин	43
1.1.7. Розвиток процесу інтродукції рослин в Україні	46
1.2. Материнка звичайна (<i>Origanum vulgare</i> L.): біологічні особливості та поширення виду	51
1.2.1. Поширення <i>Origanum vulgare</i> L., таксономія, особливості виду та його ботанічний опис	51
1.2.2. Біохімічні особливості виду <i>Origanum vulgare</i> L.	57
1.2.3. Вплив умов вирощування та технологій переробки на склад і якість ефірної олії <i>Origanum vulgare</i> L.	62
1.3. Значення <i>Origanum vulgare</i> L. у медицині, її властивості та можливе застосування в клініці	68
1.3.1. Основні відомості про медичні властивості <i>Origanum vulgare</i> L.	68
1.3.2. Антибактеріальна властивість <i>Origanum vulgare</i> L.	71
1.3.3. Протигрибковий ефект екстракту <i>Origanum vulgare</i> L.	78
1.3.4. Антиоксидантні властивості <i>Origanum vulgare</i> L.	81
1.3.5. Екстракт <i>Origanum vulgare</i> L. як імуномодельований агент	85
1.3.6. Протираковий потенціал <i>Origanum vulgare</i> L. як лікарської рослини	86
1.3.7. Використання <i>Origanum vulgare</i> L. у різних народних медичних практиках	90

1.4. Значення <i>Origanum vulgare</i> L. у кулінарії. Її застосування в національних кухнях світу	92
1.4.1. Походження <i>Origanum vulgare</i> L. як спеції, її використання в кулінарії	92
1.4.2. Використання <i>Origanum vulgare</i> L. у національних кухнях різних країн світу	95
1.5. Фізико-географічні характеристики території дослідження. Особливості Передкарпатського регіону. Дендрологічний парк «Дружба»	97
1.5.1. Кліматичні та географічно-геологічні особливості регіону Передкарпаття та Івано-Франківської області	97
1.5.2. Дендрологічний парк загальнодержавного значення «Дружба»: клімат, рельєф, ґрунтовий покрив та рослинність	101
1.6. Підсумки аналізу літературних джерел	106
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	111
2.1. Умови проведення досліджень	111
2.2. Об'єкт дослідження та схема проведення експерименту	112
2.3. Методика морфометричних вимірювань	113
2.4. Методика фенологічних спостережень	114
2.5. Методика відбору ґрунтових зразків для агрохімічного аналізу	116
2.6. Методика пошуку та обліку дикорослих популяцій <i>Origanum vulgare</i> L. у Карпатському регіоні	117
РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ <i>ORIGANUM VULGARE</i> L.	127
РОЗДІЛ 4. АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА СУБСТРАТІВ ВИБРАНИХ ДОСЛІДЖУВАНИХ ДІЛЯНОК	140
РОЗДІЛ 5. ОНТОГЕНЕЗ ТА АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ІНТРОДУКОВАНИХ ОСОБИН <i>ORIGANUM VULGARE</i> L.	144
5.1. Інтродукція <i>Origanum vulgare</i> L. на території дендрологічного парку «Дружба». Фенологічне дослідження інтродукованих особин першого року життя	144
5.2. Фенологічне дослідження інтродукованих особин <i>Origanum vulgare</i> L. другого року життя	160
5.3. Інтродукція <i>Origanum vulgare</i> L. насінням на території земельної ділянки в місті Тлумач (Передкарпаття)	174

5.4. Інтродукція <i>Origanum vulgare</i> L. саджанцями на території земельної ділянки в місті Тлумач (Передкарпаття)	185
ВИСНОВКИ	201
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	205
ДОДАТКИ	230

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

1. **ICARDA** – Міжнародний центр сільськогосподарських досліджень у посушливих регіонах (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas).
2. **CIMMYT** – Міжнародний центр удосконалення кукурудзи та пшениці (International Maize and Wheat Improvement Center).
3. **ІТА** – Міжнародний інститут тропічного сільського господарства (International Institute of Tropical Agriculture).
4. **QTL** – локус кількісних ознак (Quantitative Trait Locus).
5. **CRISPR** – короткі паліндромні повтори, регулярно розташовані групами (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats).
6. **FAO** – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (Food and Agriculture Organization).
7. **CGIAR** – Консультативна група з міжнародних сільськогосподарських досліджень (Consultative Group on International Agricultural Research).
8. **IPGRI** – Міжнародний інститут генетичних ресурсів рослин (International Plant Genetic Resources Institute).
9. **EURISCO** – Європейський пошуковий каталог генетичних ресурсів рослин (European Search Catalogue for Plant Genetic Resources).
10. **УАН** – Українська академія наук (Ukrainian Academy of Sciences).
11. **НАН** – Національна академія наук (National Academy of Sciences).
12. ***O. vulgare* L.** – материнка звичайна (*Origanum vulgare* L.).
13. **США** – Сполучені Штати Америки (United States of America).
14. **ЕО** – ефірна олія (Essential Oil).
15. **HS-SPME** – твердофазна мікроекстракція з парової фази (Headspace Solid-Phase Microextraction).
16. **CPD-VMFD** – конвективне попереднє сушіння та вакуум-мікрохвильове досушування (Convective Pre-Drying and Vacuum-Microwave Finish Drying).

17. **ГХ/МС** – газова хроматографія / мас-спектрометрія (Gas Chromatography / Mass Spectrometry).

18. **HTS** – високопродуктивний скринінг (High-Throughput Screening).

19. **МІК** – мінімальна інгібуюча концентрація (Minimum Inhibitory Concentration).

20. **МБК** – мінімальна бактерицидна концентрація (Minimum Bactericidal Concentration).

21. **ЮНЕСКО** – Організація Об'єднаних Націй із питань освіти, науки і культури (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization).

22. **КНПП** – Карпатський національний природний парк (Carpathian National Nature Park).

23. **БАР** – біологічно активні речовини (Biologically active compounds).

ВСТУП

Актуальність дослідження. Повномасштабна військова агресія проти України, що триває з 2022 року, зумовила критичну дестабілізацію агропромислової діяльності, особливо в східних та центральних регіонах – основних осередках рослинництва. Історично родючі землі центральних та східних регіонів були беззаперечним аграрним ядром України. Завдяки унікальному поєднанню еталонних чорноземів, високої суми активних температур та інтенсивної інсоляції, ці території слугували ідеальним середовищем для масового товарного рослинництва. Саме там онтогенез більшості стратегічних сільськогосподарських культур проходив із максимальною біологічною ефективністю, забезпечуючи колосальні обсяги врожаїв та ресурсну стабільність.

Сьогодні ці фундаментальні агроєкосистеми зазнають безпрецедентного антропогенного та техногенного знищення. Фізична руйнація ґрунтового профілю вибухами та фортифікаціями, катастрофічне мінне забруднення і хімічна токсикація важкими металами призводять до глибокої деградації земель. Це не просто тимчасове виведення полів з обороту – це руйнування самих екологічних умов, базових екосистемних зв'язків та мікробіому ґрунту, які формувалися тисячоліттями і є критично необхідними для безпечного землеробства.

У зв'язку з високими безпековими ризиками та частковою втратою виробничих потужностей на цих територіях, виникає гостра необхідність активізації агрономічних процесів у західних областях, зокрема на Передкарпатті як найбільш безпечному та екологічно сприятливому регіоні. Дослідження адаптивного потенціалу рослин та особливостей їхнього розвитку в специфічних умовах Передкарпаття набуває сьогодні не лише теоретичної, а й стратегічної ваги.

Окрім економічного аспекту, в умовах воєнного стану постає загроза безповоротної втрати генофонду лікарських рослин через деградацію природних екосистем. Інтродукція та культивування цінних видів, таких як материнка звичайна (*Origanum vulgare* L.), у нових ареалах зростання є ключовим методом

збереження біорізноманіття. Створення штучних плантацій дозволяє сформувати резервний фонд насіннєвого та вегетативного матеріалу.

Інтродукція *Origanum vulgare* L. у регіоні Передкарпаття є не просто технічним перенесенням виду, а науково керованим процесом створення високоефективних агрофітоценозів. Це дозволяє поєднати господарські запити сучасності (харчова промисловість, фармація) з принципами раціонального природокористування та збереження генетичного фонду лікарських рослин.

Інтродукція є одним із провідних інструментів збагачення культурної флори та розвитку селекції. Цей метод передбачає цілеспрямоване перенесення видів, сортів або форм рослин за межі їхніх природних ареалів для впровадження в сільськогосподарське виробництво, відновлення локального біорізноманіття та адаптації екзотичних видів до нових еколого-кліматичних умов.

Регіон Передкарпаття з його високим рівнем вологозабезпеченості та буроземно-підзолистими ґрунтами є унікальним полігоном для вивчення інтродукційної стійкості *Origanum vulgare* L.. Дослідження онтогенезу та фенологічних ритмів у цих умовах дозволяє встановити межі пластичності материнки як об'єкта селекції.

У роботі над дисертацією особливу увагу приділено адаптивному потенціалу *Origanum vulgare* L..

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тему дисертаційної роботи «Генетична мінливість у вивченні морфологічних, фізіологічних і біохімічних ознак та показників родючості вишні (*Prunus cerasus* L.)» затверджено на засіданні Вченої ради Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, протокол № 9 від 01 листопада 2022 року та уточнено «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» на засіданні Вченої ради Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, протокол № 06 від 31 березня 2025 року.

Дисертацію виконано в рамках держбюджетних науково-дослідних тем кафедри біології та екології Карпатського національного університету імені Василя

Стефаника «Поширення, ресурсний потенціал та охорона лікарських рослин на території Карпатського регіону» (Державний реєстраційний номер УкрІНТЕІ 0112U000508) та «Експериментальне розведення й інтродукція цінних лікарських рослин різного природоохоронного статусу в умовах культури» (Державний реєстраційний номер УкрІНТЕІ №0121U109303).

Дослідження узгоджується з пріоритетними напрямками державної екологічної політики України щодо збереження та відтворення біорізноманіття та стратегією раціонального використання природних рослинних ресурсів. Робота має чітко виражений міждисциплінарний характер, поєднуючи екологію, ботаніку, біологію а також елементи агрономії. Результати можуть бути використані агропромисловими та фермерськими господарствами для впровадження ефективних технологій вирощування ефіроолійних і лікарських культур на Передкарпатті, у навчальному процесі закладів вищої освіти при підготовці фахівців біологічного та екологічного профілів, а також у діяльності природоохоронних установ для розробки заходів зі збереження природних популяцій цінних видів флори.

Актуальність наведених вище проблем обумовили вибір теми дисертаційної роботи, її мету та основні напрямки дослідження.

Темою роботи є інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття).

Об'єктом дослідження є дослідження процесу інтродукції та адаптації *Origanum vulgare* L. на Передкарпатті.

Предмет дослідження – біологічні та морфологічні особливості, темпи росту та фенологічні фази інтродуцентів.

Мета дослідження полягає в комплексній оцінці успішності інтродукції *Origanum vulgare* L. різними методами в умовах Передкарпаття та вивчення її біологічних та морфологічних особливостей, фенологічних фаз, а також дослідження виходу насіння з інтродукованої популяції.

Досягнення мети дослідження передбачає вирішення таких **завдань**:

- дослідити сучасний стан та особливості поширення дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L. у природних екосистемах Карпат та Передкарпаття;
- провести порівняльний аналіз едафічних умов експериментальних ділянок та оцінити їхній вплив на початкові етапи інтродукції;
- розглянути повний цикл онтогенезу *Origanum vulgare* L. за умов інтродукції, виділивши ключові морфологічні та фенологічні характеристики кожної стадії розвитку;
- здійснити моніторинг успішності перезимівлі та специфіки відновлення вегетації особин на другому році життя;
- оцінити репродуктивну здатність та біологічну продуктивність інтродукованих популяцій;
- провести якісний скринінг та кількісний аналіз сировини *Origanum vulgare* L.;
- визначити найбільш ефективний метод інтродукції *Origanum vulgare* L..

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети та вирішення визначених завдань використано комплекс сучасних експедиційно-польових, агрохімічних, морфометричних, фенологічних, фітохімічних та статистичних методів.

Наукова новизна проявляється в комплексному теоретичному та експериментальному обґрунтуванні адаптивного потенціалу *Origanum vulgare* L. при її інтродукції в культуру в специфічних екологічних умовах Передкарпаття.

Окрім того, у роботі оцінено повний цикл онтогенезу *Origanum vulgare* L. в умовах культури регіону, зокрема, з'ясовано можливість проходження всіх фенологічних фаз за один вегетаційний період. Ці результати дали змогу виявити адаптивні стратегії рослин залежно від мікрокліматичних умов та способу інтродукції.

Встановлено закономірності формування насінневої продуктивності та накопичення біомаси, що стане підґрунтям для визначення всіх можливих

позитивних сторін та недоліків інтродукції *Origanum vulgare* L. на різних типах ґрунтів Передкарпаття, а також висвітлено проблему введення її в сільське господарство.

Теоретичне та практичне значення роботи полягає в поглибленні фундаментальних знань про біологічну пластичність та адаптивні можливості *Origanum vulgare* L. при зміні екологічних умов зростання. Прогнозується, що дослідження дозволить обґрунтувати механізми пристосування морфологічних структур та ритмів розвитку рослин до едафічних та кліматичних чинників Передкарпаття.

Науковий інтерес становить виявлення кореляцій між фізико-хімічними властивостями субстрату та успішністю проходження ключових етапів онтогенезу особами інтродукованої популяції. Очікувані дані розширять теоретичну базу щодо інтродукції лікарських рослин та дозволять змодельовати сценарії адаптації багаторічних трав'янистих рослин до антропогенно змінених середовищ.

Практичне значення роботи полягає в розробці науково-методичних основ для ефективного введення *Origanum vulgare* L. у культуру в умовах Передкарпаття (в межах Івано-Франківської області). Очікувані результати потенційно є базою для створення промислових плантацій, що забезпечать фармацевтичну та харчову галузі якісною місцевою сировиною. Головним аспектом дослідження є оптимізація технології вирощування через диференційований підхід до способів інтродукції. Визначення найбільш ефективного методу інтродукції для різних типів ґрунтів дозволить мінімізувати втрати насіннєвого матеріалу та забезпечити високу приживлюваність рослин.

Впровадження результатів у практику дозволить знизити антропогенне навантаження на природні популяції, сприяючи збереженню біорізноманіття. Дані щодо динаміки репродуктивної здатності стануть основою для прогнозування термінів експлуатації насаджень та отримання максимального економічного ефекту від вирощування цієї перспективної культури.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні положення і практичні результати дослідження апробовані на Всеукраїнських науково-практичних конференціях (з міжнародною участю), а саме: V Міжнародній науковій конференції (Кривий Ріг, Україна, 2025); V Міжнародному науковому симпозіумі (Львів, Славсько, Україна, 2026); Міжнародній науково-практичній конференції *DEVELOPMENT OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND CULTURE IN THE XXI* (Варшава, Польща, 2025); Міжнародній науково-практичній конференції *AMERICAN-UKRAINIAN FORUM OF SCIENCE AND EDUCATION* (Нью-Йорк, США, 2026).

Публікації. Основні положення дисертації висвітлено в семи публікаціях, із яких: 3 статті в затверджених наукових фахових виданнях України (категорії Б), 4 публікації в збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій. Особистий внесок здобувачки в працях, виконаних у співавторстві, полягає у відборі емпіричного матеріалу, розробці методики аналізу, здійсненні аналізу прикладів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. У тексті роботи міститься 4 таблиці і 69 рисунків. Загальний обсяг роботи становить 243 сторінок, із яких обсяг основного тексту – 205 сторінок.

РОЗДІЛ 1. СТАН ВИВЧЕННЯ ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Інтродукція рослин. Міжнародні центри інтродукції. Розвиток інтродукції рослин в Україні

1.1.1. Інтродукція рослин: розвиток, значення, особливості

Одним з етапів розвитку людини розумної було землеробство: обробка земель, робота з городиною, перші спроби посадки рослин та збір урожаю. Рослинництво супроводжує людство з перших його кроків і впевнено крокує з ним в майбутнє [1; 2; 3; 4].

Важко уявити собі життя без рослинної їжі, особливо у XXI столітті, де «харчова тарілка» має містити до 60% клітковини. Не слід забувати, що більшість представників нового покоління переходить на продукти рослинного походження, відмовляючись від м'яса чи то з причин особистого характеру, чи з причин, пов'язаних зі здоров'ям, наприклад, непереносимістю лактози, чи з огляду на тренди сучасності.

Відходячи від столу, людина застосовує рослини і в побуті: прикрашає домівки, використовує декоративні види для двору чи саду, зводить живі огорожі. Неоціненною є і роль рослин у фармації, яка розпочалася з дослідження людиною властивостей різних трав і їх можливого використання, так з'явилися перші ліки від простуди, пропасниці, розладів шлунку, шкірних захворювань і для швидкого загоєння ран [1; 2].

Людство залежить від рослин, адже вони є основою нашого харчування, предметом вивчення для фармації, базою тканинного виробництва та основою для утримання домашньої худоби [3]. Тож упродовж століть людина розумна примножує свої знання щодо роботи з рослинністю та можливостей її використання для власного блага, покращення якості життя [3; 4].

Одним із методів використання рослинності у своїх потребах є *інтродукція рослин* (лат. *introductio* – введення, від *introduco* – вводжу) [5; 6]. Інтродукція передбачає можливість культивувати певні види рослин на місцевості, де вони до того не зростали, для впровадження їх у сільське господарство, відновлення біорізноманіття або інших цілей [5; 6; 7]. Часто інтродукція втілюється через переміщення рослин з одного регіону в інший або перенесення різних видів рослин із країни в країну чи навіть обмін біоматеріалом між континентами [6].

Інтродукція може охоплювати нові сорти культури, що вже вирощуються в цій місцевості, дикого родича виду культури або абсолютно новий вид культури для цієї місцевості [7; 8; 9; 10].

Переселення рослин розпочалося здавна, у часи, коли матеріально-технічна та наукова база були ще не розробленими, проте інтродукція розвивалася стрімко [7; 8].

Можемо стверджувати, що, незважаючи на відсутність переваги наукових підходів над практичним аспектом цього процесу раніше, інтродукція все ж досягла доволі високого рівня; зараз, попри значний розвиток наукових досліджень і матеріально-технічної бази, результативність інтродукції значно нижча [4; 5].

Переселення сільськогосподарських рослин між регіонами було значним фактором розвитку сільського господарства, водночас відбувалось і переселення людей торговими шляхами [6].

Слід чітко розрізняти поняття інтродукованих та інвазійних видів, адже інвазія неаборигенних організмів на нові території визнана Конвенцією ООН про біорізноманіття (Ріо-де-Жанейро, 1992) однією з найнебезпечніших загроз для людства [7]. В останні роки на території півдня України було зафіксовано посилення експансії чужорідних представників роду *Euphorbia* L., зокрема виявлено два нові локалітети *E. davidii* та сім *E. maculata* [7]. Численні знахідки *E. davidii* на залізничних шляхах у різних частинах держави, а також поява виду за межами первинних осередків інвазії вказують на стійку тенденцію до його

натуралізації [7]. Процес натуралізації *E. davidii* в Україні наразі перебуває на перехідному етапі від ефемерофіту до епекофіту [7].

Гене́за інтродукції рослин сягає часів давніх держав, які в наших реаліях припинили своє існування [6]. Перші спроби інтродукції рослин відбулися ще в древньому Єгипті. З країни Пунт завозили різні види рослин для їхнього можливого вирощування в Єгипті [6]. Крім цього, з Мідії здійснювали перевіз рослинності в Месопотамію для будівництва та оздоблення Висячих садів Семіраміди [4; 5].

Ранні процеси інтродукції можна спостерігати ще на переселенні з Центральної Азії в різні регіони Індії таких рослин, як гірчиця (*Brassica juncea*), груша (*Pyrus communis*), яблука (*Malus domestica*) та волоські горіхи (*Juglans regia*), це також ілюструє ранні сільськогосподарські обміни між народами [8; 9].

Аналогічно такі рослини, як кунжут (*Sesamum indicum*), джовар (*Sorghum bicolor*), голубиний горох (*Cajanus cajan*), азійська бавовна (*Gossypium herbaceum*) та пальчасте просо (*Eleusine coracana*), переселили з Африки до Індії в доісторичні часи [4; 9]. Таким чином, зробили значний внесок у сільськогосподарське різноманіття, яке спостерігається в різних регіонах. Це підкреслює роль міграції людей та торгівлі в розширенні географічних ареалів видів рослин [9].

Протягом кількох століть нашої ери агентами інтродукції рослин були загарбники, переселенці, торговці, мандрівники, дослідники та натуралісти. Ввезення рослин здійснювалося свідомо чи несвідомо [1; 8].

Мусульманські загарбники близько 1300 року н. е. завезли до Індії вишню та виноград з Афганістану, що демонструє роль військового та культурного обміну в передачі рослин [6; 8; 9].

Вагомим є і внесок португальців. У XV та XVI століттях португальські дослідники та торговці привезли до нових регіонів різноманітні культури, зокрема: кукурудзу (*Zea mays*), арахіс (*Arachis hypogaea*), перець чилі (*Capsicum annuum*), картоплю (*Solanum tuberosum*), солодку картоплю (*Ipomoea batatas*), гуаву (*Psidium guajava*), ананаси (*Ananas comosus*), папаю (*Carica papaya*), горіхи кеш'ю

(*Anacardium occidentale*) і тютюн (*Nicotiana tabacum*) [9]. Ці процеси інтродукції мали глибокий вплив на місцеве сільське господарство та кухню [9].

Східноіндійська кампанія в кінці XVIII століття теж зробила свій внесок в інтродукцію рослин. Вона сприяла ввезенню чаю (*Camellia sinensis*), лічі (*Litchi chinensis*) та мушмули (*Eriobotrya japonica*) з Китаю; капусти (*Brassica oleracea*), цвітної капусти (*Brassica oleracea*) та інших овочів із Середземномор'я; аннато (*Bixa arellana*) та саджанців червоного дерева (*Swietenia mahagoni*) з Західної Індії [9]. Цей період ознаменувався значним збільшенням різноманітності рослин, завезених до Індії та інших регіонів континенту [9].

Якщо говорити про розвиток інтродукції рослин у науковому плані, можна виділити такі три етапи:

Еколого-ботаніко-географічний (XIX–XX ст.) – сприятливий період для процесу інтродукції, зміна біорізноманіття більшості регіонів різних країн через введення інтродуцентів в їхній ареал [4; 9].

Генетико-ресурсний (60-ті роки XX ст. – XXI ст.) – активну увагу приділяють вивченню мінливості деревних рослин [1], можливості їхньої інтродукції в іншу місцевість, особливо переселенню саджанців дерев з холодного клімату в місцевості з помірною температурою [4; 9].

Внутрішньовидовий (90-ті роки XX ст. – XXI ст.) – створюється нова стратегія в інтродукції для введення нових видів, сортів, культиварів. Також відбувається спроба інтродукції рослин, які до цього часу не використовувались або є колекційними видами [4; 9]. Це період масової інтродукції таксономічних внутрішньовидових одиниць деревних рослин та інтенсивного вивчення екології і біології наявних інтродуцентів для їхнього використання в сільському господарстві, бізнесах [4; 9].

Ключову роль у розвитку інтродукції рослин відіграло створення ботанічних садів. Наприклад, Калькуттський ботанічний сад, заснований у 1781 році, став центром культивування та вивчення інтродукованих видів [5; 6]. Ботанічний сад

К'ю в Англії посів чільне місце у впровадженні хініну та каучукових дерев з Південної Америки до Індії [6; 9; 10].

Незважаючи на важливість і безумовність інтродукції та її значення в житті людини, цей процес так і не дав поштовху формуванню окремої науки, до сих пір він є частиною біології, екології, ботаніки чи агрономії. Цьому є певні пояснення, наприклад, інтродукцію рослин використовують у різних галузях ботаніки [4; 6], що заважає відмежувати її в чітку окрему структуру [8; 9].

Також різні регіони через свої кліматичні та географічні особливості не можуть вивчати інтродукцію одних і тих же видів рослин [1; 4; 5], їхні дослідження є індивідуальними та специфічними, що не дозволяє виробити єдину методику [4; 5; 9].

Окрім того, інтродукція не відображає повної різноманітності виду, його біологічних особливостей, адже інтродуценти зазвичай генетично близькі [4], їх тільки певна кількість, вони можуть бути вегетативними чи генеративними потомками одне одного, що значно зменшує змогу виведення різноманітної культури з усіма її біологічними та екологічними особливостями [5; 6; 7].

Зазвичай про інтродукцію можна знайти інформацію тільки у вигляді складової іншої науки [1; 3; 4]. Однак інтродукція рослин, як і будь-яка інша наукова галузь, має власні внутрішні закономірності загального характеру, які можна досягнути лише на основі наукового підходу, а також володіє власною термінологічною базою [5; 8; 9].

У сучасному світі значення інтродукції рослин постійно зростає, адже більшість корисних речовин для життєдіяльності людство отримує завдяки вирощуванню культур різних рослин [7; 8], тоді як частка продукції, видобутої з природних екосистем, систематично скорочується, і ця тенденція має глобальний характер [1; 5; 9].

Якщо зважати на обмеженість ресурсів, таких як нафта і природний газ, стає очевидним, що в майбутньому людство змушене буде отримувати більшість органічних матеріалів саме через культивування рослин [1; 8].

Узагальнивши інформацію про інтродукцію рослин, а також її використання людиною, можемо виділити основні завдання цього напрямку роботи з рослинами, наприклад, збільшення генетичного різноманіття, а саме розширення генофонду для селекційних програм шляхом внесення нових ознак та алелів з різних джерел [8; 9]. Це підвищує потенціал для покращення сільськогосподарських культур [9].

Інтродукція забезпечує впровадження високоврожайних сортів у сільське господарство для збільшення виробництва продуктів харчування, візьмемо, наприклад рис та пшеницю збагачує колекцію зародкової плазми (сукупності структурних компонентів клітини, пов'язаних із збереженням та передачею генетичної інформації), наприклад, сорго, арахіс [1; 4; 10].

Через процес інтродукції можливо отримати нові джерела стійкості до біотичних та абіотичних стресів [6; 7]. Цільові інтродукції з різних екогеографічних регіонів дозволяють охопити ознаки, адаптовані до абіотичних та біотичних стресів обраних середовищ [7].

Окрім того, процес інтродукції має певну естетичну цінність: декоративні рослини інтродукуються для прикрашання зелених зон, приватних садів або квітників [5]. Для приватних господарств інтродукція забезпечує змогу вирощувати певні види рослин у себе в квітниках чи теплицях без зайвих зусиль. Окрім того, завдяки цьому процесу можливе розповсюдження декоративних рослин в інших регіонах країни [5; 8].

Безперервний процес інтродукції в поєднанні з природним відбором прискорюють генетичний приріст популяцій за певну одиницю часу та на певній площі порівняно з винятковою залежністю від чинного різноманіття [6; 8; 9].

Інтродукція також забезпечує наявність екологічних показників для розробки стресостійких сортів рослин, здатних підтримувати виробництво в умовах зміни клімату шляхом їхньої ширшої адаптації. Нові інтродукційні процеси зможуть підтримати майбутнє збільшення рослинництва, необхідне для задоволення щораз більшого попиту [8; 10].

1.1.2. Інтродукція рослин як процес збереження біорізноманіття

Інтродукція рослин забезпечує можливість збереження біорізноманіття через культивування видів рослин, що є під загрозою вимирання, та їхню адаптацію в нових умовах проживання для забезпечення збереження виду [9].

Так, до прикладу, у 1970–1980-х роках відбулось екологічне відновлення луків та водно-болотяних угідь у Європі [9; 10]. У той час із проблемою боролися через відновлення небіологічних факторів впливу на рослинність (абіотичних), шляхом зрошування та додаткового зволоження земель для підтримання потрібної кількості вологи або через контроль над поживними речовинами і мінеральними властивостями ґрунтів [10]. Слід зазначити, що з часом ця стратегія вичерпала себе, і, крім абіотичних методів впливу, почали застосовувати біотичні [9; 10]. Для відновлення біому на болотяних місцевостях почали застосовувати звичайне насіння, саме ця методика справдила всі очікування [10; 11].

Після цього відкриття, використання сумішей насіння рослин різних видів на нетипових для них ареалах набуло популярності в Європі у 80–90-х роках ХХ століття [11; 12]. Методика застосовувалася як інструмент впливу на біорізноманіття територій шляхом інтродукції нових видів із їхньою подальшою акліматизацією [11; 12; 13].

Таким чином, інтродукцію рослин було використано для заселення болотяних ділянок Європи [12; 14]. Окрім того, до сих пір розглядаються сучасні наукові можливості для успішного екологічного відновлення біорізноманітності рослин у Європі через інтродукції насінням [13; 14].

Рослини, що розвиваються з насіння як місцевих видів, так і видів з приближених регіонів часто демонструють перевагу над немісцевими культурами, яким важче пристосуватися до нового ареалу проживання, тому слід попередньо проводити дослідження майбутніх зон засадження [15; 9]. Однак, встановлення меж насіннєвих зон є складним процесом, оскільки в рослин значно розповсюджена дрібномасштабна популяційна диференціація, зумовлена впливом локальних

екологічних умов (екотипова диференціація) [14; 15]. У зв'язку з цим, популяції, що походять із віддалених, але подібних за екологічними характеристиками середовищ, можуть виявляти вищий рівень адаптації, ніж географічно близькі популяції, що формувалися в умовах контрастного середовища [9].

Тож інтродукція, хоч і має за мету відновлення біорізноманіття, – це важкий процес, який потребує зважених дій та попередніх наукових досліджень.

1.1.3. Одомашнення диких видів рослин, акліматизація рослин як частина процесу інтродукції

Принагідно зазначимо, що інтродукція рослин має певну схожість із їхнім одомашненням, оскільки обидва процеси передбачають введення диких видів під контроль людини для задоволення її потреб. Іншими словами, одомашнення рослин полягає в зміні їхнього ідеотипу для кращої адаптації до середовища створеного людиною [15; 16].

У ході процесу одомашнення дикі види рослин трансформуються на культурні, переважно завдяки природному відбору або втручанню людини [15; 16]. У природі відбувається постійний відбір під впливом різних екологічних чинників, таких як: температура, склад ґрунту, погодні умови, вплив шкідників, вірусів та бактерій, що викликають захворювання тощо [15]. Генотип, який більше підходить до певного середовища, залишає позаду інші, які мають меншу адаптивну здатність за своєю природою [9; 11].

Більшість характеристик диких видів зазнали змін під час одомашнення, яке охоплює три процеси, а саме: мутацію, гібридизацію та гомологічну рекомбінацію під впливом людського відбору [13; 16]. Деякі ознаки змінилися, деякі зникли, а деякі утворили та розвинулися під час одомашнення [15; 16].

Інтродукція рослин також не можлива без процесу акліматизації, тобто без здатності сорту сільськогосподарських культур адаптуватися до нових кліматичних та ґрунтових умов середовища [9; 8].

Наприклад, коли на нову місцевість вводять незнайомий сорт рослин із сусідніх або віддалених регіонів, то ці рослини спочатку не мають особливого фенотипового прояву, подібного до того, що був у звичному для них місці походження. Вони є не пристосованими до життя в новому середовищі, тому показують погані результати адаптації [14; 16]. З часом рослини набувають оптимальних фенотипових характеристик, іншими словами, вони акліматизуються до нової екологічної сфери шляхом свого розвитку протягом кількох поколінь [9; 16].

Акліматизація досягається завдяки швидшому розмноженню тих генотипів, які краще адаптовані до нового середовища [13; 15; 16]. Популяція з більшою мінливістю легко акліматизується, наприклад, перехресно запилені культури легше акліматизуються, ніж самозапилені [16].

Успіх акліматизації залежить від двох факторів – ефекту місця та відбору нових генотипів [9; 15; 16].

Ефект місця відображає сукупний вплив специфічних едафічних (родючість, вологість, структура, пористість, рН, вміст солей та елементів живлення) та кліматичних умов нової території на реалізацію генетичної програми рослини, що базується на механізмах фенотипової пластичності та модифікаційної мінливості [9; 14].

Під дією абіотичних чинників нового середовища, таких як фотоперіодизм, температурний режим, інсоляція та хімічний склад ґрунту, у рослинному організмі активуються адаптаційні фізіолого-біохімічні реакції. Це призводить до змін у морфометрії, анатомічній будові та метаболізмі вторинних сполук без зміни самої структури ДНК і дозволяє інтродуценту фізіологічно пристосуватися до стресових умов [9; 16].

Відбір нових генотипів натомість є генетико-селекційним процесом, що базується на наявній генетичній гетерогенності вихідної популяції [9].

В умовах акліматизації відбувається природний або штучний скринінг, унаслідок якого елімінуються нестійкі біотиби, а виживають і розмножуються

лише ті особини, які володіють найбільш адаптивними комбінаціями алелів [14; 15; 16]. В довгостроковій перспективі це призводить до зміщення генетичної структури популяції та формування нових стійких екотипів або сортів, здатних до стабільної продуктивності в конкретній агрокліматичній зоні [14].

1.1.4. Класифікація процесу інтродукції. Види інтродукції рослин

Класифікацію процесу інтродукції рослин можна здійснювати за різними критеріями [9; 12; 15]. Зокрема, залежно від типу використовуваної сировини вона буває насіннєвою, за допомогою вегетативних органів або розсади, а також на основі тканинних культур і мікроклонального розмноження [11; 14; 16]. Крім того, виділяють впровадження рослин за допомогою молекулярних маркерів та інтродукцію шляхом введення нового геному [15].

Інтродукція насінням. Вона передбачає збір насіння з різних джерел та введення його в цільове середовище. Насіння можна легко зберігати та транспортувати у великих кількостях [15].

Однак, інтродукція насінням має обмеження, оскільки невідома ефективність інтродукованої ознаки в нових середовищах [14; 15]. Завдяки насіннєвому обміну, здійсненому у 2020 році, посухостійкі лінії пшениці, розроблені в ICARDA, інтегрували до глобальної програми селекції пшениці CIMMYT [16].

Інтродукція за допомогою вегетативних органів охоплює введення частин рослини, наприклад її коріння, бульби, бульбоцибулини, цибулини, кореневища, стеблових живців тощо [16].

Цей метод дозволяє безпосередньо оцінювати продуктивність рослин. Проте рослинний матеріал має обмежену життєздатність і його не так легко зберігати або транспортувати порівняно з насінням [16; 17].

Завдяки інтродукції вегетативними органами сорти рослин, стійкі до вірусу мозаїки кассави і розроблені в ІТА, були введені до африканських країн шляхом розповсюдження стеблових живців, протестованих на вірус, у 2018 році [18].

Інтродукція на основі тканинних культур. Передові методи, такі як культура пиляків/пилку та соматичний ембріогенез, використовуються для введення генів віддалено споріднених диких видів, які неможливо схрестити традиційним способом [16; 17].

Регенеровані рослини акліматизуються та оцінюються *in vitro*. Для прикладу, гени стійкості до хвороб від диких родичів були введені в банани шляхом злиття протопластів та соматичної гібридизації в BAPNET в Індії у 2015 році [15; 16].

Інтродукція за допомогою пилку. Збір та транспортування пилку з різних джерел для використання в гібридизації та виведення нових сортів [15; 16].

Наприклад, ознаки стійкості до посухи були перенесені з місцевих сортів на елітні лінії сорго звичайного у рамках селекційної програми ICRISAT шляхом збору пилку з розплідників по всьому світу у 2017 році [15; 16].

Мікроклональне розмноження. Використання методів мікророзмноження *in vitro*, таких як меристемна культура для впровадження рослинних матеріалів, вільних від хвороб. Наприклад, меристемна культура ввела сорти бананів, вільні від фузаріозного в'янення, в африканські країни [15; 16].

Також впровадження рослин – це вирішальний етап селекції. Безвірусний посадковий матеріал кокосових горіхів був отриманий за допомогою меристемної культури й розповсюджений по всій Азії та Африці компанією *Bioversity International* у 2019 році [15; 16].

Інтродукція рослин за допомогою розсади – вирощування рослин з інтродукованого насіння в розсадниках для безпосередньої оцінки характеристик рослин та їхньої продуктивності в польових умовах перед масштабним впровадженням [16; 18]. Наприклад, розсаду бавовни, вирощену з інтродукованого насіння, оцінювали на дослідницьких станціях в Індії [16].

Впровадження рослин за допомогою молекулярних маркерів – введення специфічних ознак/генів, позначених молекулярними маркерами, з неадаптованої зародкової плазми в адаптовані лінії селекції [18; 19].

Наприклад, посухостійкий QTL був введений з дикої сої в елітні сорти сої за допомогою молекулярних маркерів [17]. Також ген Sub1, що забезпечує стійкість до занурення, був інтрогресований з FR13A у високоврожайні сорти рису в Бангладеш за допомогою молекулярних маркерів між 2010 і 2015 роками [16; 17].

Інтродукція шляхом введення нового геному – введення цілих послідовностей/гаплотипів геному з неадаптованої зародкової плазми в адаптовані лінії за допомогою сучасних інструментів селекції, таких як редагування геному для масштабної інтрогресії ознак [16].

Наприклад, гаплотип стійкості до хвороб дикого виду томату був інтрогресований у культивовані сорти томату [15; 16]. Крім того, у 2020 році в Китаї за допомогою технології CRISPR було проведено точне редагування генів культурного томату на основі генетичного матеріалу дикого родича, що дало змогу створити сорти, нечутливі до фітофторозу [16].

Залежно від рівня процесу, інтродукцію рослин поділяють на два основні типи – первинну та вторинну [9; 12; 16].

Первинна інтродукція (Primary Introduction). Процес введення рослини в нові умови без попереднього втручання в її генотип [13; 14]. Іншими словами, рослина вводиться в нове середовище в такому вигляді, у якому вона існує в природі, без додаткових змін чи селекції. Вид має зберігати всі свої властивості, адаптуючись до нового середовища [9; 15]. Це найпоширеніший метод для інтродукції декоративних та лікарських рослин. Наприклад, введення таких рослин, як розмарин (*Rosmarinus officinalis* L.) або чебрець (*Thymus vulgaris*), на нові території для розвитку промислового виробництва [18].

Первинна інтродукція означає початкове введення генетичних ресурсів рослин, зібраних безпосередньо з центрів різноманітності або диких родичів сільськогосподарських культур, у нове цільове середовище або країну, де вони раніше не були оцінені [16; 18].

Цей процес охоплює використання абсолютно нової, неадаптованої зародкової плазми, що потребує ретельної характеристики та оцінки.

Найважливішими кроками первинної інтродукції є збір генетичних ресурсів рослин із різних екологічних регіонів та країн [18; 19]. Окрім того, потрібно забезпечити карантинний огляд для визначення відсутності шкідників або хвороб. Провести введення в контрольовані польові ділянки оцінки та багатолокаційні випробування врожайності протягом кількох сезонів [20].

Детальна характеристика проводиться для запису морфологічних, фенологічних та агрономічних ознак [19]. Адаптація до місцевих абіотичних та біотичних стресів ретельно перевіряється. Виявлені перспективні зразки потім вводяться в національні програми селекції [20].

Первинна інтродукція відіграє життєво важливу роль у розширенні генетичної бази сільськогосподарських культур та використанні нових ознак, які можуть бути відсутні в наявних селекційних матеріалах [15].

Однак, це тривалий процес, який вимагає значних ресурсів через необхідність ретельного тестування та дослідження процесу адаптації [9]. Багато зразків можуть не адаптуватися, або їхні ціннісні ознаки будуть не проявлятися в нових цільових середовищах [14; 15].

Прикладом використання первинної інтродукції є 18 екзотичних сортів рису (IR8, IR20, IR28 та IR36), які були інтродуковані IRRI у 1960-х роках, саме це посприяло розвитку високоврожайних карликових сортів рису в Індії [9; 14].

Екзотичні напівкарликові сорти пшениці із розширеною генетичною базою, зокрема Lerma Rojo 64 та Sonora 64, були інтродуковані з мексиканського центру CIMMYT у 1960–1970-х роках [15; 19; 21].

Вторинна інтродукція (*Secondary Introduction*) передбачає впровадження рослин у нове середовище з подальшою селекцією, гібридизацією або адаптацією задля вдосконалення їхніх властивостей [17; 18]. Тобто після первинного етапу рослина піддається цілеспрямованим змінам для кращого пристосування до нових умов, що забезпечує покращення її характеристик [16].

Вторинна інтродукція стосується переміщення зразків зародкової плазми, які вже пройшли первинний етап впровадження (первинну інтродукцію) та попередню

оцінку в одному цільовому середовищі або країні до нового ареалу чи іншої селекційної програми [19].

У зв'язку з тим, що ці зразки мають історію попереднього культивування та пройшли первинну оцінку, вони потребують менш розлогої характеристики під час подальшого впровадження [18; 20]. Ключові кроки вторинної інтродукції передбачають отримання добре задокументованої зародкової плазми з місць первинної інтродукції або генних банків, їхнє тестування протягом кількох сезонів за допомогою багатолокаційних випробувань врожайності та визначення найкращих ліній для програм подальшої селекції [20].

Оскільки основна адаптація до місцевих умов вже визначена, вторинна інтродукція дозволяє швидше використовувати попередньо оцінені матеріали, ніж первинна інтродукція [20; 21].

Наприклад, у 2000-х роках у межах спільної програми IRRI та Бангладеш у схильні до повеней райони Східної Індії був інтродукований сорт рису Swarna-Sub1, що відзначається високою стійкістю до тривалого затоплення [20; 21]. Протягом 1970–1990-х років високоврожайні лінії пшениці, зокрема Sonalika та Kalyan, були інтегровані в індійські селекційні програми після успішного завершення етапу первинної оцінки в Мексиці (CIMMYT) [20; 22].

Первинна та вторинна інтродукція відіграють вирішальну взаємодоповнювальну роль у розширенні генетичної бази сільськогосподарських культур [14]. Тоді як первинна інтродукція стосується абсолютно нової зародкової плазми, що потребує ретельного тестування, вторинна інтродукція сприяє швидшому використанню попередньо оцінених матеріалів у нових цільових середовищах або програмах [16; 15; 23].

1.1.5. Міжнародні центри інтродукції та збереження різних видів рослин

Людство зацікавлене в успішному розвитку та реалізації процесів інтродукції нових видів рослин. Для системної роботи в цій сфері було створено низку міжнародних центрів, що мають глобальне значення.

ФАО (FAO) (повна назва – Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй) [17; 22]. Емблема центру зображена на рис. 1.1.5.1, офіційний сайт – за посиланням: <https://www.fao.org/about/about-fao/en/>.



Рис. 1.1.5.1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

ФАО (FAO) спрямовує свою діяльність на вдосконалення методів аграрного, лісового та рибного господарств, а також очолює міжнародні ініціативи, спрямовані на подолання голоду та забезпечення продовольчої безпеки в глобальному масштабі [17; 19; 22].

У галузі генетичних ресурсів рослин ФАО (FAO) виступає координатором міжнародної співпраці, спрямованої на збереження та безперешкодний обмін генетичним матеріалом [17; 24]. Вона сприяє обміну зародковою плазмою через такі угоди, як Міжнародний договір про генетичні ресурси рослин для продовольства та сільського господарства (ITPGRFA) [22; 24].

ФАО (FAO) також підтримує глобальні мережі, такі як Європейська асоціація досліджень у галузі селекції рослин (EAAP) та Європейський пошуковий каталог (EURISCO), для сприяння обміну зародковою плазмою між країнами та регіонами [24]. Їхня мета – досягти продовольчої безпеки для всіх і забезпечити людям регулярний доступ до достатньої кількості високоякісних продуктів харчування для ведення активного та здорового способу життя [22].

Маючи 195 членів, а саме 194 країни та Європейський Союз, ФАО (FAO) працює у понад 130 країнах світу [22].

CGIAR (повна назва – Консультативна група з міжнародних сільськогосподарських досліджень) [25]. Емблема на рис. 1.1.5.2, офіційний сайт – за посиланням: <https://www.cgiar.org/>.



Рис.1.1.5.2. CGIAR (*Consultative Group on International Agricultural Research*)

CGIAR – це глобальне партнерство, яке об’єднує міжнародні організації, що займаються дослідженнями в галузі сталого розвитку [25]. Кілька центрів CGIAR, такі як CIMMYT, IRRI, ICRISAT та ІТА, підтримують величезні банки генів *ex-situ* важливих сільськогосподарських культур [25].

Вони проводять масштабну діяльність з дослідження рослин, інтродукції та передселекційної діяльності [25]. CGIAR є найбільшою у світі мережею досліджень у галузі агропродовольчої промисловості, що фінансується з державного бюджету. Їхня головна мета – безпечне з точки зору продовольства та харчування майбутнє, яке нікого не залишить осторонь [25].

Генетичні ресурси, залучені з центрів CGIAR, відіграли визначальну роль у глобальному вдосконаленні сільськогосподарських культур [25]. Наприклад, у 1960-х роках IRRI представив високоврожайні сорти рису, такі як IR8 та IR36, прискоривши Зелену революцію в Азії [25].

IPGRI (повна назва – Міжнародний інститут генетичних ресурсів рослин). Офіційний сайт: <https://www.agent-project.eu/about/partners/ipgri>, а емблема зображена на рис. 1.1.5.3 [26].

Міжнародний інститут генетичних ресурсів рослин працює під назвою *Bioversity International* [26]. Рання робота була зосереджена на екстреному збереженні генетичних ресурсів сільськогосподарських культур у генних банках (*ex situ*). Згодом вектор роботи змістився в бік формування науково обґрунтованої бази, розробки управлінських практик та стратегічних політичних рішень [26]. Це дозволило не лише захищати, а й ефективно використовувати агробіорізноманіття для забезпечення сталої глобальної продовольчої та нутриційної безпеки [26].



Рис. 1.1.3. IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) та країни учасники

Заснований у 1974 році Міжнародний інститут генетичних ресурсів рослин (IPGRI) є найбільшим у світі інститутом, що займається винятково збереженням та використанням генетичних ресурсів рослин [26]. Інститут має мережу із 300 співробітників, які працюють у 22 офісах по всьому світу. Його штаб-квартира знаходиться в Маккаресе (Ф'юмичіно, Італія), що на околиці Риму [26].

IPGRI підтримує дослідження з використання та збереження сільськогосподарського біорізноманіття, особливо генетичних ресурсів, для створення більш продуктивних, стійких та сталих врожаїв [26]. Його робота спрямована на те, щоб дозволити людям використовувати сільськогосподарське біорізноманіття для сталого існування, яке означитиме більше їжі, краще харчування, вищі доходи та екологічну стійкість, особливо для жителів країн, що розвиваються [26].

Основні цілі організації охоплюють демонстрацію соціальних, економічних та екологічних переваг сільськогосподарського біорізноманіття, а також забезпечення збереження, характеристики та використання сільськогосподарського біорізноманіття для підвищення продуктивності, окрім того, генерування знань про сільськогосподарське біорізноманіття шляхом досліджень та забезпечення загального доступу до таких знань і розвиток

людського та інституційного потенціалу для збереження та ефективного й сталого використання сільськогосподарського біорізноманіття [26]. IPGRI проводить аналіз політики та сприяння середовищу, яке підтримує збереження та використання сільськогосподарського біорізноманіття, а також забезпечує підвищення обізнаності про цінності сільськогосподарського біорізноманіття та важливість збереження генетичних ресурсів [26].

На сьогодні IPGRI профінансував понад 550 місій зі збору зародкової плазми у 136 країнах світу. За сприяння Інституту було створено багато національних банків генів, і понад 2000 національних вчених пройшли навчання [26]. Понад 150 країн зараз беруть участь у приблизно 50 мережах, розвиток яких підтримується IPGRI. Завдяки своїм дослідженням IPGRI зробив свій внесок у краще розуміння генетичного різноманіття та значний прогрес у стратегіях і методах збереження, особливо в таких галузях, як збереження *in vitro* та ультрасухе зберігання насіння [26].

EURISCO (повна назва – Європейський каталог пошуку в Інтернеті). Емблема організації – на рис. 1.1.5.4.



Рис. 1.1.5.4. Емблема EURISCO (European Internet Search Catalogue)

Європейський каталог генетичних ресурсів рослин (EURISCO) надає інформацію про понад 2 мільйони зразків сільськогосподарських рослин та їхніх диких родичів, що зберігаються *ex situ* близько 400 інститутами [27].

Він базується на мережі національних інвентаризацій 43 країн-членів та є важливим кроком для збереження агробіологічного різноманіття світу, надаючи

інформацію про велике генетичне різноманіття, що зберігається установами-учасницями [27].

З 2003 по 2014 рік мережу EURISCO розміщувала та підтримувала компанія *Bioversity International* (Рим, Італія). З 2014 року мережу EURISCO підтримує Інститут генетики рослин та досліджень сільськогосподарських рослин імені Лейбніца (IPK) (Гатерслебен, Німеччина) [27].

Головною метою EURISCO є забезпечення єдиного джерела інформації для наукової спільноти та селекціонерів рослин. EURISCO містить як паспортні дані, так і фенотипні дані. Дослідники можуть здійснювати пошук у EURISCO для ідентифікації гермоплазми, сприяючи інтродукції рослин у Європі [27]. Офіційний сайт організації – <https://www.ecpgr.org/resources/germplasm-databases/eurisco-catalogue>.

1.1.6. Переваги та недоліки процесу інтродукції рослин

Інтродукція рослин як глобальний процес займає свою нішу в сільському господарстві, екології та агрономії. Щоб остаточно зрозуміти її, слід звернути увагу на головні недоліки та позитивні сторони цього методу селекції рослин. Розпочнемо з переваги інтродукції рослин, які ми визначили, ознайомлюючись з роботами науковців [12; 14; 15].

Перш за все, процес інтродукції дозволяє збільшити генетичне різноманіття: інтродукція розширює генофонд для селекційних програм шляхом включення нових ознак та алелів з різних джерел. Це підвищує потенціал для покращення сільськогосподарських культур [8; 9].

Нові ознаки виду отримані завдяки інтродукції допомагають селекціонерам розробляти сорти рослин з вищою врожайністю та стійкістю до стресів. Це значно прискорює прогрес селекції, ніж робота покладаючись на наявне біологічне різноманіття [16; 17].

Успішна інтродукція розширює генетичну базу: інтродукована зародкова плазма з центрів походження та різноманітності масштабує вузьку генетичну базу

сільськогосподарських культур, що утворилися в результаті одомашнення та сучасної селекції. Окрім того, це додає стійкості видів до можливих загроз [14; 16]. Також інтродукція виконує конкретні цілі селекції: обрані інтродуценти з різних екогеографічних регіонів дозволяють охоплювати ознаки, адаптовані до абіотичних та біотичних стресів вибраних середовищ [16].

Інтродукція сприяє розвитку гібридних сортів, забезпечуючи різноманітні батьківські лінії, що максимально відрізняються за бажаними ознаками. Гібриди використовують гетерозис для підвищення врожайності [15; 17]. Інтродукція забезпечує зміцнення стану національних колекцій різних видів рослин у генних банках. Добре керовані колекції *ex-situ* захищають біорізноманітність та роблять її доступною для майбутньої селекції в міру зміни потреб [11; 13].

Обмін зародковою плазмою сприяє науковій співпраці, створенню мереж та нарощуванню потенціалу між країнами та дослідницькими установами в усьому світі [11].

Інтродукція забезпечує ознаки для розробки стресостійких сортів, здатних підтримувати виробництво в умовах зміни клімату завдяки ширшій адаптації. Збір диких видів допомагає їхньому збереженню *ex-situ* та забезпечує таку ознаку, як стійкість [16].

Сорти, розроблені з використанням інтродукованої зародкової плазми, допомагають збільшити виробництво та забезпечити стабільні постачання для підтримки щораз більшого світового населення [11].

Інтродукція диких видів призводить до розвитку нових одомашнених культур, розширюючи рослинний світ, доступний для сільського господарства та харчування [9; 16].

Інтродукція в поєднанні з селекцією підтримує стійкі екологічні системи завдяки адаптованим до стресу сортам, які забезпечують високу врожайність з меншим впливом на навколишнє середовище [8; 9; 16; 17].

Інтродукція розширює базу генетичних ресурсів сільськогосподарських культур, що зберігаються як на фермах, так і в генних банках, сприяючи збереженню глобального сільськогосподарського біорізноманіття [11; 10].

Недоліки інтродукції рослин теж є, серед них – ризик занесення нових видів хвороб та шкідників через ненавмисне підселення патогенів, бур'янів або комах-шкідників, які впливають на сільське господарство та природні екосистеми. У деяких випадках інтродуковані рослини можуть уникнути культивування та стати інвазійними бур'янами, порушуючи місцеве біорізноманіття [15; 16]. Для скринінгу інтродуцентів на хвороби і шкідників та визначення потенціалу бур'янів необхідні суворі карантинна оцінка й тестування, що потребує часу та ресурсів, при тому ускладнює скринінг сам процес [11].

Не всі інтродуценти через відмінності в абіотичних та біотичних чинниках в порівнянні з тими впливами, з якими траплялися в природному середовищі, можуть легко адаптуватися до нових умов вирощування [15; 14; 28].

Високоврожайні інтродуковані види рослин можуть замінити або взагалі витіснити місцеві, добре адаптовані старі види, що загрожує біорізноманіттю регіону [9]. Не слід забувати, що для інтродукції багаторічних видів рослин потрібно виростити кілька поколінь сільськогосподарських культур та зробити вибірку з певних місць у регіоні для оцінки адаптації інтродукованих матеріалів перед повним запуском у культуру [14; 15; 16]. При тому, широке впровадження інтродукованих сортів може підірвати стабільність вирощування місцевих сортів на фермах чи полях [8; 17].

Для успішності процесу інтродукції необхідні суворі закони для запобігання ненавмисному поширенню трансгенних інтродукцій із метою мінімізації ризиків біобезпеки та біопіратства [4; 6; 8; 11].

Інтродукція певного виду рослини в широких масштабах потребує довгострокового фінансування [3; 5]. Для постійної інтродукції рослин з огляду на інтервали між вирощуванням врожаю необхідна стійка довгострокова фінансова підтримка [6; 8].

Інтродуковані матеріали можуть вимагати додаткових досліджень для розробки агрономічних практик та технологій післязбирального періоду для місцевої адаптації. Гібриди першого покоління або сорти, що охоплюють екзотичних батьків, можуть мати нижчу врожайність, ніж місцеві, доки не будуть адаптовані шляхом селекції [16].

Процес інтродукції рослин у сільському господарстві вимагає певної інфраструктури, а саме добре обладнаних банків генів, скринінгових центрів, лабораторій та людських ресурсів, а це все потребує значних інвестицій ззовні [14].

Підсумовуючи, можемо зазначити: завдяки процесу інтродукції рослин значно збагачується різноманіття культурних видів, що сприяє поліпшенню якості харчування і медичного забезпечення населення, а також покращенню умов життя, зокрема в індустріальних містах [15]. У процесі інтродукції нерідко підвищується життєздатність видів і покращуються цінні господарські ознаки, такі як збільшення фітомаси, вмісту біологічно активних речовин, урожайності плодів або насіння, стійкості до несприятливих умов, хвороб, шкідників, а також декоративних властивостей [16].

Однак варто зауважити, що самовільна інтродукція дикорослих рослин та їхня акліматизація заборонена [16]. Це пов'язано з ризиком перенесення збудників хвороб, шкідливих комах чи бур'янів разом із насінням, живцями чи саджанцями, що може призвести до утворення нових екосистем зі збідненим видовим складом флори, а також завдати шкоди сільському господарству й економіці країни загалом [16; 18].

1.1.7. Розвиток процесу інтродукції рослин в Україні

Інтродукція рослин в сучасній Україні є досить поширеним явищем. Останнім часом інтродукцію рослин здійснюють комерційні фірми для поширення і виведення особливих сортів декоративних рослин, підтримання популяції лікарських і садових рослин та відновлення біорізноманіття [1; 2]. Пунктами

інтродукції в Україні найчастіше є ботанічні сади, дендропарки, дослідно-селекційні станції [1; 2; 3].

В Україні інтродукція рослин є давнім процесом. Приблизно шістьма тисячами років тому датуються перші згадки про інтродукцію рослин племенами трипільської культури, а саме знахідки в культурних шарах ранньотрипільських поселень насіння ячменю (*Hordeum vulgare*), проса (*Panicum miliaceum*), гороху (*Pisum sativum*), бобів (*Vicia faba*), абрикоса (*Prunus armeniaca*), сливи (*Prunus domestica*). Крім того, у період панування скіфів було окультурено виноград (*Vitis vinifera*), сливу (*Prunus domestica*) та абрикос (*Prunus armeniaca*). Скоріше за все, ці переселення видів є наслідком торгових та культурних зв'язків із Близьким Сходом, Кавказом та Малою Азією [1; 2].

На початку I тис. до н.е. грецькі колоністи завезли в Україну жито (*Secale cereale*), часник (*Allium sativum*), сочевицю (*Lens culinaris*) та коноплю (*Cannabis sativa*), крім того вони інтродукували на території Північного Причорномор'я лавр благородний (*Laurus nobilis*), виноград справжній (*Vitis vinifera*) та кипарис вічнозелений (*Cupressus sempervirens*) [1; 4].

На початку н.е. на територію України було інтродуковано персик звичайний (*Prunus persica*), маслину європейську (*Olea europaea*), мигдаль звичайний (*Prunus amygdalus*), горіх грецький (*Juglans regia*), ці види добре акліматизувалися на Причорноморських територіях та в центральній Україні [1].

Є згадки, що в X ст. н.е. до лісостепової зони було впроваджено садові культури: шовковицю білу (*Morus alba*), виноград справжній (*Vitis vinifera*), вишню звичайну (*Prunus cerasus*), горіх грецький (*Juglans regia*), а також городні культури, а саме: буряк цукровий (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *Altissima*) та цибулю (*Allium cepa*) [1]. Усі ці види добре акліматизувалися та набули поширення на територіях лісостепової зони.

Монастирські сади Київщини згадуються в літописах упродовж XI–XII ст. н.е. як ділянки інтродукції та успішного вирощування в подальшому таких культур, як яблуня (*Malus domestica*), виноград (*Vitis vinifera*), вишня (*Prunus cerasus*), а

також запашних трав (*Herbae aromaticae*) та агрусу (*Ribes uva-crispa*). Завозилися на той час лікарські рослини та декоративні культури з Візантії, Кавказу, Центральної Європи [2; 3]. Сади з'являлися не тільки при монастирях, але й у боярських дворах. Також багатством деревних рослин відзначалася Києво-Печерська лавра [2].

Розвитку інтродукції рослин у XVII–IX ст. на території України сприяли великі географічні відкриття, розвиток торгових зв'язків та помітні соціально-економічні зрушення. У цей час інтродуковано багато видів рослин із Північної Америки, Східної та Середньої Азії, Кавказу, Середземномор'я. В Україні в цей період набули масового поширення картопля (*Solanum tuberosum*), соняшник (*Helianthus annuus*), кукурудза (*Zea mays*) [1; 4; 5].

На початку XVIII століття в Україні, у місті Лубни, створили перший аптекарський сад. Тим самим збільшили кількість інтродукованих видів кущових та деревних рослин, що тоді були в межах України. Також цей період відомий активним будівництвом та окультуренням парків у містах саме рослинами-інтродуцентами [2]. У цей час було інтродуковано гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba*), окремі види кипарисовиків (*Chamaecyparis*), сосен (*Pinus*), модрин (*Larix*), ялиць (*Abies*), псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii*), тсуги канадської (*Tsuga canadensis*), а також три види бузків (*Syringa*), гіркокаштан звичайний (*Aesculus hippocastanum*), катальпу чудову (*Catalpa speciosa*), клени (*Acer*), магнолію кобус (*Magnolia kobus*), робінію звичайну (*Robinia pseudoacacia*), тополь пірамідальну (*Populus nigra* var. *italica*) та деякі інші види [2; 4; 5].

Розвиток ботанічних садів стрімко прогресував: у XIX ст. вони були засновані при вищих навчальних закладах. У цей час з'явилася науково-дослідна установа УАН (пізніше АН УРСР) – Акліматизаційний сад [3]. Сад заснували у 1912 році в Києві на території Політехнічного інституту. Засновником став М. Кащенко. Акліматизаційний сад займався інтродукцією та акліматизацією рослин, привезених з півдня, зокрема лікарських, плодових а також декоративних [3].

З 1914 року, з початком I світової війни, Акліматизаційний сад сфокусував увагу на роботі саме з лікарськими рослинами, вони на той час стали цінною сировиною в ході війни. Після початку робіт, у 1916 році, інтродукували до 150 видів лікарських рослин [3].

З 1918 року при інтродукції та акліматизації основну увагу звернули на персик (*Prunus persica*), айву (*Cydonia oblonga*), обліпиху (*Hippophae rhamnoides*), хеномелес (*C. japonica*), мушмулу (*Mespilus germanica*) та виноград (*Vitis vinifera*).

У 1922 році акліматизаційний сад був перенесений із території Київської політехніки на Лук'янівку [4; 3; 5]. Згодом ділянка площею 0.5 га для потреб саду розширилася. На ній розробили потрібне планування, утворили штучні схили для певних культур, також створили мікроклімат, характерний для південних територій [3]. Завдяки цьому до 1930 року загальна площа земель акліматизаційного саду становила 12 га. На той час сад уже налічував пів тисячі різних видів рослин. Акліматизаційний сад слугував місцем забору рослин для інтродукції в Криму, Середній Азії, Кавказі та Сході [3].

Завдяки роботі засновника саду такі плодові види, як персик (*Prunus persica*), айва (*Cydonia oblonga*), абрикоси (*Prunus armeniaca*), були успішно інтродуковані на 500 кілометрів відстані від їхнього звичного середовища зростання [3]. У 1953 році Кащенко помер, а акліматизаційний сад після II Світової війни став філіалом відділу акліматизації Центру ботанічного саду АН УРСР, і з 1946 року роботи відновили [3].

Протягом 50-х років завдяки Акліматизаційному саду плодові деревні види рослин були розповсюджені по всій території України. В основному це відбувалося через інтродукцію насіння та вирощування наступних поколінь [3].

У післявоєнний період основною метою інтродукційних робіт було відновлення ботанічних садів та дослідних станцій, розвиток сортового різноманіття для озеленення міст і створення стійких зелених насаджень у різних кліматичних регіонах країни [2; 4]. Саме в цей час розпочалося системне вивчення акліматизаційних можливостей деревних і чагарникових видів, привезених із

Західної Європи, Північної Америки та Азії, що заклало підґрунтя для подальшого формування багатих дендрологічних колекцій [3].

У 1960–1970-х роках інтродукція рослин набула інтенсивного науково-дослідного характеру. Була сформована мережа наукових установ, зокрема ботанічні сади НАН України та спеціалізовані станції в різних природно-кліматичних зонах, які започаткували довгострокові програми зі створення та вивчення інтродукційних фондів [3]. Дослідження зосередилися на визначенні фізіолого-біохімічних адаптивних реакцій рослин, їхньої морозостійкості, посухостійкості, здатності до генеративного та вегетативного розмноження, а також на розробленні методів підвищення їхньої інтродукційної пластичності. Значна увага приділялася також пошуку цінних господарських форм для лісового та плодового господарства, декоративного садівництва і фармацевтики [3; 4].

У 1980–1990-х роках процес інтродукції отримав новий імпульс завдяки розширенню міжнародних наукових контактів, обміну генетичними ресурсами і впровадженню новітніх методів біотехнології та селекції [1; 2]. У цей період вітчизняні дослідники здійснювали інтродукцію широкого спектра видів – від лікарських і ефіроолійних до кормових і технічних культур, приділяючи особливу увагу створенню сортів, адаптованих до екологічних умов України та придатних для промислового використання. Паралельно посилився інтерес до збереження рідкісних видів флори й таких, що потенційно можуть зникнути, це, власне, стимулювало застосування інтродукційних технологій у природоохоронних програмах [4; 2].

З початку XXI століття інтродукція рослин в Україні набуває комплексного, інтегрованого характеру, поєднуючи класичні методи ботанічної інтродукції із сучасними підходами молекулярної біології, фітогенетики та екологічного моніторингу [2; 4]. Наукові установи працюють над створенням банків генетичних ресурсів, удосконаленням методів оцінювання адаптивного потенціалу інтродуцентів, прогнозуванням їхньої поведінки в умовах зміни клімату. Інтродукція стає важливим інструментом забезпечення продовольчої безпеки,

розвитку лісового господарства, озеленення урбанізованих територій та збереження біорізноманіття [5].

Інтродукція нових для флори України видів рослин здійснюється юридичними або фізичними особами згідно зі статтею 33 «Інтродукція та акліматизація рослин» Закону України «Про рослинний світ» (від 09.04.1999 р. № 591–XIV), а також відповідно до нормативних положень, затверджених центральним органом виконавчої влади у сфері охорони довкілля за погодженням із Національною академією наук України та Головною державною інспекцією з карантину рослин [1].

1.2. Материнка звичайна (*Origanum vulgare* L.): біологічні особливості та поширення виду

1.2.1. Поширення *Origanum vulgare* L., таксономія, особливості виду та його ботанічний опис

Origanum vulgare L. – це багаторічна трав'яниста рослина, поширена в усьому Середземноморському регіоні, Західній та Південно-Західній Євразії, а також в Ірано-Туранському регіоні [26; 27]. Рід материнка (*Origanum*) належить до родини глухокропивних (*Lamiaceae*) квіткових рослин і складається з понад 50 видів, охоплюючи лікарські, ароматні, кулінарні та декоративні рослини [26; 27].

Родина глухокропивних (*Lamiaceae*) є широко відомою, адже це різноманітна та розповсюджена група квіткових рослин, що складається з понад 3500 видів із 236 родів [27; 28]. В Україні поширені 35 родів, близько 180 видів разом із найчастіше культивованими, підвидами та гібридними формами, описаними в статусі видів [29; 30].

Ця ботанічна родина характеризується ароматичними травами, чагарниками та кількома деревами, багато з яких відомі своїми кулінарними, лікарськими та декоративними властивостями [28]. Рослини родини глухокропивних (*Lamiaceae*)

поширені по всьому світу, здебільшого в помірних та субтропічних регіонах, хоча деякі види трапляються також і в тропічних районах [28].

Однією з визначальних рис рослин родини *Lamiaceae* є чотиригранні стебла, супротивне та часто ароматичне листя [27; 28]. Родина охоплює такі відомі роди, як *Mentha* (м'ята), *Rosmarinus* (розмарин), *Thymus* (чебрець), *Origanum* (орегано) та *Lavandula* (лаванда) та багато інших. Рослини родини *Lamiaceae* демонструють широкий спектр поширення в різноманітних середовищах існування – від сухих пустель до вологих лісів [27]. Загалом, родина *Lamiaceae* відіграє значну роль в екосистемах та людському суспільстві, що робить її важливим об'єктом ботанічного вивчення та потребує зусиль щодо збереження [27]. Рослини з родини *Lamiaceae* використовують у різних галузях людської життєдіяльності [27].

Багато видів родини *Lamiaceae* цінують за їхнє ароматичне листя та кулінарні смаки. Такі трави, як базилік (*Ocimum basilicum*), м'ята (*Mentha spp.*), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), орегано (*Origanum*) та чебрець (*Thymus spp.*), зазвичай використовуються як ароматизатори в кулінарії, додаючи глибини та аромату широкому спектру страв [27; 29].

Численні рослини родини *Lamiaceae* мають лікувальні властивості та століттями використовуються в традиційних системах фітотерапії по всьому світу [29; 30]. Ці рослини містять біоактивні сполуки, такі як ефірні олії, флавоноїди та фенольні кислоти, які проявляють різні фармакологічні ефекти, зокрема протизапальні, антимікробні, антиоксидантні та травні властивості [29; 30; 31].

Рослини родини *Lamiaceae* є багатим джерелом ефірних олій, які видобуваються з їхнього листя, квітів та стебел [27; 28; 29; 32]. Ці олії мають широке застосування в ароматерапії, парфумерії, косметичі та фармацевтичній промисловості [28; 33]. їх цінують за приємні аромати та терапевтичні властивості, що й сприяє виробництву ароматизаторів, лосьйонів, кремів та натуральних засобів [29; 33; 34]. *Lamiaceae* відіграють вирішальну екологічну роль у своїх природних середовищах існування [27; 35]. Вони забезпечують їжею та середовищем існування запилювачів, як-от: бджіл, метеликів та колібрі, тим самим підтримуючи

біорізноманіття та функціонування екосистеми [27; 36]. Крім того, деякі види проявляють алелопатичні властивості, впливаючи на склад рослинного угруповання та динаміку конкуренції [37].

Кілька видів родини *Lamiaceae* культивують заради їхньої естетичної привабливості та декоративних особливостей [27; 29; 36]. Такі рослини, як лаванда (*Lavandula spp.*), шавлія (*Salvia spp.*) та плектрантус (*Plectranthus spp.*), є популярним вибором для садів, ландшафтного дизайну та міських зелених зон і підвищують візуальну привабливість певної території [38]. Вирощування, переробка та торгівля рослинами родини *Lamiaceae* сприяють розвитку місцевої та світової економіки [27; 39; 40]. Ці рослини вирощують в комерційних цілях заради кулінарних трав, ефірних олій та декору, що приносить дохід фермерам, виробникам та представникам тих галузей промисловості, які займаються виробництвом рослинних продуктів, косметики та парфумерії [41; 42].

Origanum vulgare L. уперше описав як вид у 1753 році Карл Лінней у своїй праці «*Species Plantarum*», що цікаво літера «L.» у назві виду вказує на автора наукової назви – Ліннея (Linnaeus) [27; 41; 42]. На рис. 1.2.1.1. вказана класифікація виду *Origanum vulgare* L..

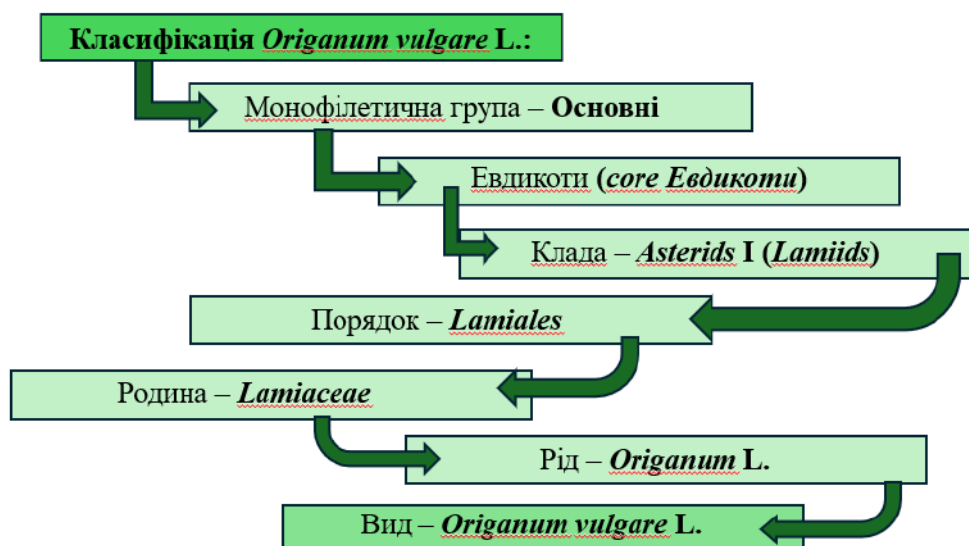


Рис. 1.2.1.1. Класифікація виду *Origanum vulgare* L.

Окрім *Origanum vulgare* L., рід *Origanum* відомий іншими видами рослин, наприклад, *Origanum majorana* (Майоран садовий), до речі, його часто плутають з *Origanum vulgare* L., але він має більш м'який, солодкий смак без гостроти карвакролу [42; 43]. У холодному кліматі вирощується як однорічник. Також відомим є *Origanum onites* (Турецький орегано), дуже ароматний вид, широко використовується в кулінарії Туреччини та Греції [42; 47]. *Origanum dictamnus* (Діктамос) є ендеміком острова Крит, де застосовується як лікарська рослина та для приготування вермутів [40; 42; 43]. Дикі види материнки трапляються на різних висотах – від прибережних до гірських районів, на різних ґрунтах, мають високі вимоги до освітлення та можуть витримувати відносно низькі температури [44; 46; 47].

У межах виду *O. Vulgare* L. існує значна морфологічна та хімічна різноманітність [48; 49; 50]. Дослідження систематичного й генетичного різноманіття та ідентифікація видів *Origanum* в основному зосереджувалися на морфологічних характеристиках та складі ефірної олії [49; 50].

Згідно з найбільш широко прийнятим таксономічним довідником для роду, *Origanum* складається із шести підвидів, які розрізняються на основі відмінностей у волосяному покриві, розмірі або кольорі приквітків та квіток, а також у кількості олійних залоз на листках [48; 49; 50]. У табл. 1.1 наведено шість ідентифікованих підвидів *O. vulgare* L., а також їхні регіони поширення.

Таблиця 1.1.

Ідентифікованих підвидів *Origanum vulgare* L. та регіони їхнього поширення

Підвиди <i>O. vulgare</i> L.	Регіон поширення
<i>O. v. ssp. Glandulosum</i> (Desfontaines) Ietsw.	Туніс, Алжир
<i>O. v. ssp. gracile</i> (K.Koch) Ietsw	Від Східної Туреччини до Афганістану та Південного Сибіру
<i>O. v. ssp. hirtum</i> (Link) Ietsw.	Балкани, Туреччина

<i>O. v. ssp. virens</i> (Hoffmanns. & Link) Ietsw.	Азорські острови, Мадейра, Балеарські острови, Португалія, Іспанія, Марокко
<i>O. v. ssp. vulgare</i>	Від Британії та Скандинавії до Тайваню; натуралізований у Північній Америці та Венесуелі

O. vulgare L. є багаторічною рослиною, що виростає до 100 см. Вона може використовуватися як ефіроолійна, лікарська, пряно-ароматична, медоносна, пилюконосна, вітамінна, кормова та декоративна рослина [50; 51].

З морфологічної точки зору, *Origanum vulgare* L. має стрижневу кореневу систему [52; 53]. Головний корінь міцний і розгалужений, що забезпечує надійне закріплення в різних типах ґрунту [54; 55]. За умов достатньої кількості вологи та оптимальної температури корінь може вирости до значної довжини [56].

Стебло *Origanum vulgare* L. прямостояче і досягає висоти 25–90 см [56; 57]. Воно розгалужується у верхній частині рослини. У поперечному перерізі стебло чотиригранне і вкрите короткими волосками. Його колір зелений, але під час цвітіння може набувати червонуватого відтінку, особливо в нижній частині стебла [58; 59; 60; 61]. Характерний запах стебла обумовлений наявністю ефірних олій [59; 62; 63; 64].

Листя *Origanum vulgare* L. овальне або видовжене, розташоване почергово, довжиною від 1 до 4 см з виразним сітчастим жилкуванням [53]. Листова пластинка має яйцеподібну або яйцеподібно-еліптичну форму. Краї листя цілі або зубчасті, а верхівки загострені або заокруглені. Листя сидять, без черешків [65; 66; 67]. Вони видають сильний аромат завдяки ефірним оліям і мають виразний пряний смак, що робить рослину популярною в кулінарії. Листя *Origanum vulgare* L. відоме своїми антибактеріальними властивостями, що приписуються специфічним сполукам, які в них містяться [62; 66; 67].

Квітки *Origanum vulgare* L., дрібні та згруповані в суцвіття голови, утворюють густі колосоподібні скупчення на верхівках стебел [53; 68]. Квітки трубчастої форми, зазвичай рожеві або фіолетові (рідше білі) [61; 65; 69]. Рослина цвіте з червня по серпень, залежно від регіону, але цвітіння завжди відбувається влітку [68; 69]. Квіти запилюють бджоли та інші комахи-запилювачі, що відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття [53; 56].

Плід *Origanum vulgare* L. – це горішок, що складається з чотирьох часток [70; 71]. Після дозрівання плід розтріскується, і частки відокремлюються [69; 70]. Плід дрібний, коричневого кольору [70; 71]. *Origanum vulgare* L. розмножується як статевим шляхом (насінням), так і вегетативно (кореневими відростками) [72; 73].

Origanum vulgare L. має стрижневу кореневу систему, яка з віком переходить у кореневищно-мичкувату систему через формування підземних пагонів [72; 73]. Із зародкового корінця формується головний корінь і стрижнева коренева система. У процесі розвитку формується також коротке, розгалужене кореневище. Від кореневища відходять численні додаткові корені, що утворюють густу систему. Завдяки кореневищу рослина здатна вегетативно розмножуватися та утворювати куртини [72; 73].

Характерний аромат *Origanum vulgare* L. відрізняє її від інших рослин. Хоча запах не різкий, він безпомилковий і незабутній завдяки високому вмісту ефірних олій, зокрема тимолу, карвакролу та інших біологічно активних сполук [74]. Ці компоненти роблять материнку цінною не лише у фармацевтичній промисловості, а й у кулінарії та в косметології [74]. Ефірні олії, які виробляє рослина, виявляють помітну антисептичну та антибактеріальну дію, що підтверджено численними науковими дослідженнями. *O. vulgare* L. є олійною рослиною, а тимол, наявний в олії, викликає специфічний запах [75]. Також характерною особливістю цього виду є залозиста опушеність усієї рослини.

Джерелом рослинної сировини є трава орегано (*Origanum herba*), зібрана з посівів та природних місць на початку цвітіння рослини, коли вона містить найбільше ефірної олії [76; 77].

Промислову *O. vulgare* L. збирають у дикій природі або культивують, причому Туреччина є провідним постачальником середземноморської материнки (*O. vulgare* L.) [78; 79]. У таких країнах, як США, Німеччина та Франція, *O. vulgare* L. вирощують як ефіроолійну та лікарську рослину [69; 68; 72]. Переважно вона росте в мішаних та широколистяних лісах, серед чагарників і на галявинах.

В Україні *O. vulgare* L. вирощують для лікарського використання або як прянощі для кулінарних цілей [28; 80].

Науковці прогнозують збільшення вирощування та використання *O. vulgare* L. у Греції та всьому Середземноморському регіоні найближчим часом завдяки високій лікарській, економічній та екологічній цінності [45; 44; 81].

1.2.2. Біохімічні особливості виду *Origanum vulgare* L.

Представники роду *Origanum* належать до ефіроолійних рослин, у яких біосинтез та акумуляція летких сполук відбуваються в спеціалізованих секреторних структурах. Епідермальні залозисті трихоми (*glandular trichomes*) діляться на два морфологічні типи – щитоподібні (*peltate*) та голівчасті (*capitate*) [32; 51; 82].

Саме в щитоподібних трихомах, що складаються з великої секреторної голівки та підкутикулярного простору, накопичується основна маса ефірної олії. Біохімічний склад секрету є результатом складної взаємодії генотипу рослини та умов навколишнього середовища (інсоляція, склад ґрунту, водний режим) [48; 49; 51; 83].

Первинні та вторинні метаболіти, що виробляються рослинами *Origanum vulgare* L., мають вирішальне значення для біологічної активності. Основною біологічно активною речовиною є ефірна олія (ЕО), яка має різноманітний хімічний склад [40; 49; 51].

Ефірна олія *Origanum vulgare* L. – це складна суміш летких сполук, що належать переважно до класів монотерпенів та сесквітерпенів. Вихід олії зі сухої

сировини варіюється від 0,1% до 1,2% (у селекційних сортів до 2,5%) [49; 51; 59; 57].

Хімічний склад ЕО значною мірою зумовлений генетичною та екологічною мінливістю [57]. Рослини *O. vulgare* L., можуть синтезувати щонайменше дев'ять хемотипів ефірних олій, переважальними компонентами яких є тимол, сабінен, *транс*- та *цис*-сабіненгідрат, гермакрен D, β -каріофілен, (Z)- β -оцимен та (E)- β -оцимен (рис. 1.2.2.1) [49; 61].

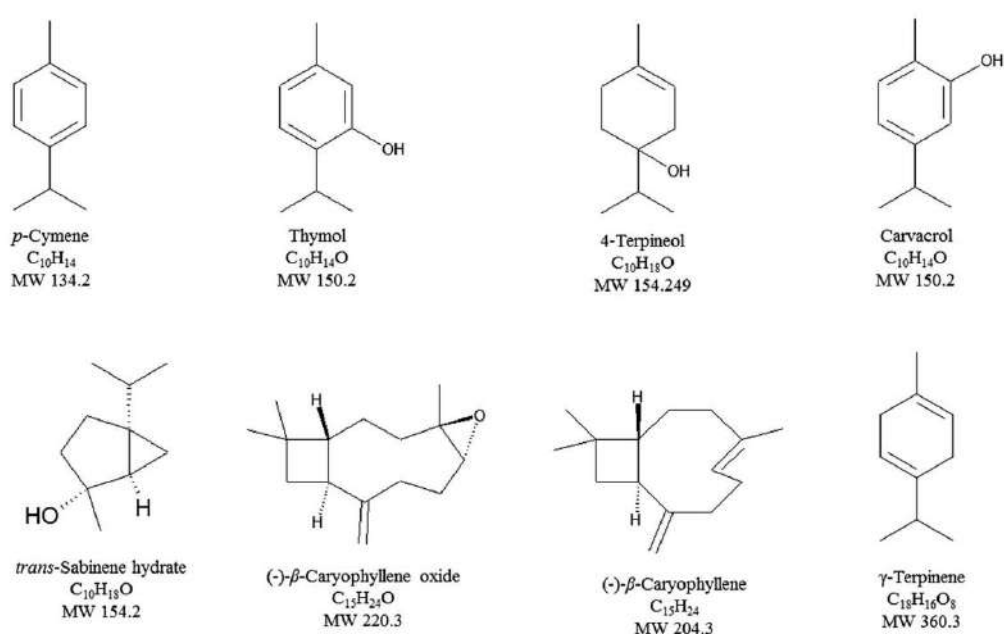


Рис. 1.2.2.1. Компоненти ефірних олій *O. vulgare* L.

Для рослин середземноморського ареалу (Греція, Туреччина, Італія) характерний так званий «орегано-профіль» [69; 70; 71]. У ньому домінують фенольні монотерпени, які утворюються через ароматизацію γ -терпінену до п-цимолу, а згодом до карвакролу або тимолу [47; 49; 51]. Карвакрол (Carvacrol): 2-метил-5-(1-метилетил)-фенол [49; 51]. Основний компонент (до 80% у грецьких популяцій) відповідає за пекучий смак і сильну антимікробну дію [49; 50]. Тимол (Thymol): 2-ізопропіл-5-метилфенол, ізомер карвакролу, має більш пряний, медичний запах [51; 52].

Було визначено 56 компонентів ЕО у рослинах, що ростуть у дикому стані на півдні Італії, проте пізніші дослідження, характеризуючи дикі італійські популяції *O. vulgare* L., визначили 64 компоненти ЕО [33; 50; 52; 53]. На основі фенольного складу автори визначили чотири хемотипи калабрійського орегано (популяція *Origanum vulgare* L., яка є дуже популярною в італійській кухні, особливо в регіоні Калабрія, відома своїм теплим, пряним смаком з нотками м'яти та чебрецю, і використовується для піци, пасти, соусів та маринадів): тимол (найпоширеніший), карвакрол, тимол-карвакрол та карвакрол-тимол [49; 52; 53; 82; 84].

З іншого боку, дика популяція *Origanum vulgare* L., а саме македонське орегано, характеризується невеликими кількостями тимолу та відсутністю карвакролу. Дикі популяції *Origanum vulgare* L. в Чорногорії накопичували від 0,7 до 1,2% (*O. vulgare* subsp. *vulgare*) та 3% ЕО (*O. vulgare* subsp. *hirtum*) [54; 52].

Аналізуючи мінерали 17 популяцій *Origanum vulgare* L. із західних Гімалаїв, виявили від 0,07 до 0,80% мінералів, які охоплювали монотерпенові вуглеводні (2,85–69,2%), окислені вуглеводні (від слідових кількостей до 58,57%), сесквітерпенові вуглеводні (0,29–42,14%), окислені сесквітерпени (від слідових кількостей до 24,44%), фенольні монотерпеноїди (21,10–69,49%) та аліфатичні спирти (від слідових кількостей до 2,71%) [49; 53; 83].

Origanum vulgare L. є багатим джерелом біологічно активних речовин з антиоксидантними властивостями.

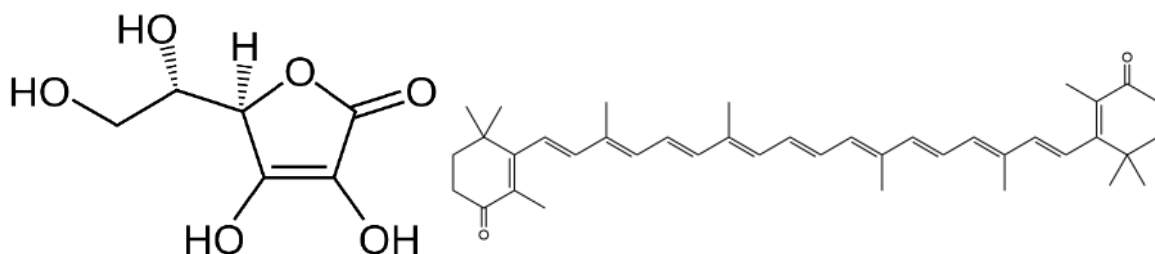


Рис. 1.2.2.2. L-аскорбінова кислота та каротиноїди, що входять до складу сировини *Origanum vulgare* L.

У 100 г сировини було виявлено 1406–2221 мг фенолів, 4,2–23,1 мг L-аскорбінової кислоти та 25,5–51,0 мг каротиноїдів, причому більше фенольних сполук виявлено в сухій сировині, а L-аскорбінової кислоти та каротиноїдів у свіжій (рис. 1.2.2.2) [49; 54; 78].

Origanum vulgare L. є цінним джерелом розмаринової кислоти (0,12–6,8%) – сполуки зі значними терапевтичними властивостями (рис. 1.2.2.3).

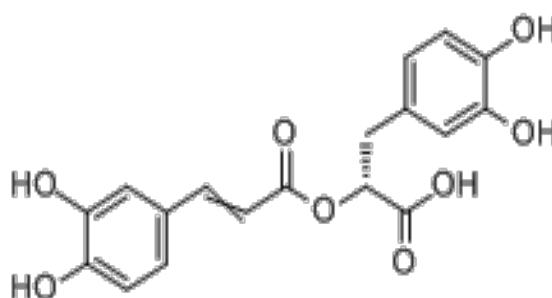


Рис.1.2.2.3. Розмаринова кислота

Розмаринова кислота є переважною фенольною сполукою *O. vulgare* L., її вміст в екстракті з квітів становить 0,99–9,65 мг·г⁻¹, з листя – 1,11–7,42 мг·г⁻¹, а зі стебел – 0,53–0,77 мг·г⁻¹.

Функції розмаринової кислоти у фітокомплексі: потужний антиоксидант (перевершує вітамін Е), кислота є інгібітором перекисного окислення ліпідів, а також проявляє антивірусну активність (зокрема проти вірусу герпесу) [51; 52; 83].

Також у менших кількостях наявні хлорогенова, кавова, протокатехова та р-кумарова кислоти [49].

Крім того, у сировині *O. vulgare* L. є урсолова кислота (3,80 мг·г⁻¹) та олеанолова кислота (4,20 мг·г⁻¹), зображені на рисунку 1.2.2.4., а також до складу сировини входять β-ситостерол (5,40 мг·г⁻¹) та триаконтанол (6,12 мг·г⁻¹) [50; 51; 53].

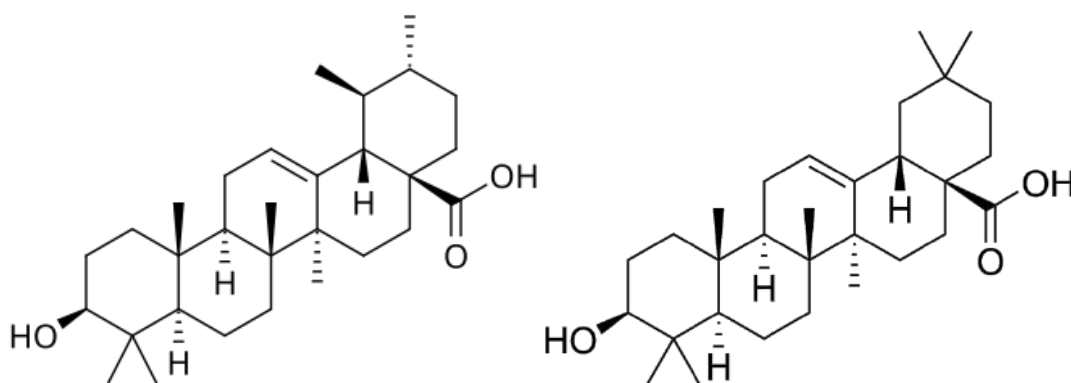


Рис. 1.2.2.4. Урсолова кислота та олеанолова кислота, що входять до складу сировини *Origanum vulgare* L.

Сировина *O. vulgare* L. також містить мінерали, зокрема підвищену кількість кальцію, калію, магнію, фосфору, сірки та цинку, які, відіграючи значну роль у нормальному функціонуванні організму людини, також можуть брати участь у біосинтезі основних компонентів ефірної олії [49; 50; 51; 82].

Показали значну кореляцію між вмістом мікроелементів (Fe, Cr, Zn) та концентрацією карвакролу, тимолу та δ -кадинену, а також вмістом хрому, заліза та тимолу, а також деяких мікроелементів і карвакролу в ЕО [47; 49].

Науковці також припускають, що вищі концентрації заліза та хрому збільшують вміст карвакролу та зменшують частку тимолу в ЕО, тоді як європей (Eu) може відігравати певну роль у метаболізмі таксона [47; 50].

Біохімічний склад *O. vulgare* L. не є статичним [50; 51]. Наукові дані свідчать про певні закономірності, наприклад сезонну динаміку. У період вегетації переважають сесквітерпени (гермакрен D), у молодих генеративних рослин під час утворення квітів зростає вміст монотерпенових вуглеводнів (сабінен), а при повному цвітінні максимальний вихід ефірної олії та пік накопичення кисневмісних сполук (терпінеол, ліналоол, ацетати) [48; 49]. А в ході утворення насіння спостерігається різке зниження вмісту олії та деградація компонентів [52; 54].

1.2.3. Вплив умов вирощування та технологій переробки на склад і якість ефірної олії *Origanum vulgare* L.

Багато досліджень демонструють, що агротехніка від поливу до удобрення відіграє ключову роль у формуванні врожайності рослин виду *Origanum vulgare* L. і кількості на виході ефірної олії [40; 50; 83; 84]. Наприклад, у роботі, де вивчали інтервали зрошення (1, 2 або 3 тижні) та рівні внесення гною (0, 10, 20, 30 т/га), було показано, що збільшення інтервалів між поливами (тобто довші «перерви») та вищі дози органічного добрива призводили до зростання як свіжої/сухої біомаси, так і вмісту ефірної олії [40; 55; 84].

Експериментальна схема була розбита на ділянки, розташовані у випадкових повних блоках з трьома повторюваностями [51; 84]. Основні ділянки, що охоплювали інтервали поливу (1, 2 та 3 тижні) та чотири рівні гною великої рогатої худоби з розрахунком 0, 10, 20 та 30 т/га, були розподілені на підділянки [52]. Результати показали, що збільшення інтервалів поливу знижувало значення всіх морфологічних ознак, крім частки стебел [54; 55]. Також значення кількості стебел, розмаху рослин, діаметра стебла, площі листя, врожайності свіжої та сухої трави збільшувалися зі збільшенням рівня гною великої рогатої худоби [84; 85]. З іншого боку, морфологічні ознаки не зазнавали впливу взаємодії методів, крім розмаху рослин та площі листя [55; 85].

Найвищий вміст ефірної олії (2,07%) та врожайність (66,62 кг/га) були отримані за найвищих інтервалів поливу та рівня гною великої рогатої худоби [40; 55]. Тоді як інтервал поливу 1 тиждень без використання гною великої рогатої худоби забезпечує найнижчий вміст ефірної олії (1,55%) в *Origanum vulgare* L.. Найнижче значення врожаю ефірної олії (46,37 кг/га) було виявлено за 2-тижневий інтервал поливу із внесенням 20 т/га гною великої рогатої худоби [40; 55; 86].

Подібно, дослід з різними режимами зволоженості ґрунту та внесенням азоту показали, що, хоча надземна маса рослин змінювалася залежно від вологості та азотного підживлення, концентрація ефірної олії (у відсотках) могла бути

стабільною або навіть зростати при водному дефіциті в період цвітіння, що призводило до підвищеної «економічної ефективності з вологою» (ефективне використання води) [40; 56].

Це демонструє важливий принцип: під час дефіциту води або інших стресів *Origanum vulgare* L. може накопичувати більше летких або вторинних метаболітів як захисну чи адаптивну реакцію, що може підвищити відсоток олії або змінити її склад [40; 52; 56].

Також важливим під час вирощування *Origanum vulgare* L. у культурі є тип добрива, яке застосовується (органічне чи мінеральне), субстрат, умови вирощування (контейнерне, ґрунтове тощо). В одному з експериментів польських дослідників порівнювали «органічний» метод вирощування (субстрат із торфу, екстракту кропиви, гною, з додаванням органічного добрива) і «звичайний» (мінеральне добриво) [53; 56]. В умовах контрольованої вологості, відповідно до методики, показано, що органічне удобрення та відповідна сушка/обробка дають сировину з кращими ароматичними і біологічно активними властивостями, вищим вмістом фенолів, сильнішим запахом, кращими органолептичними властивостями [40; 56; 58]

Проведене дослідження виявило вплив використаного методу удобрення *Origanum vulgare* L. на вміст біоактивних сполук та склад леткої фракції (HS-SPME) в отриманому висушеному листі *Origanum vulgare* L. [56; 57]. Використання торф'яного субстрату, збагаченого екстрактом кропиви звичайної та кінським гноєм у поєднанні з органічним добривом Bioilsa N 12.5 є ефективним та результативним методом виробництва рослинної сировини *Origanum vulgare* L. [56].

Показано, що використання органічних добрив забезпечує високі врожаї *Origanum vulgare* L., комбіноване сушіння (CPD-VMFD) якого дозволяє виробляти рослинні продукти з найбільшою кількістю біоактивних сполук та візуальними й ароматичними властивостями, бажаними споживачами [55; 58]. Особливо помітне збільшення антиоксидантного потенціалу та вмісту поліфенолів [40; 56]. Також

спостерігалися значні відмінності в кількості карвакролу в леткій фракції, що пояснює посилений та привабливіший аромат кінцевого рослинного продукту [56].

Сировина *Origanum vulgare* L., отримана з використанням органічних добрив, може бути цінною для виробництва рослинних фітотоварів, а також продуктів, багатих на біоактивні сполуки, для безпосереднього споживання [40; 56].

Цей факт підкреслює, що не лише кількість добрив чи води, але і їхня якість, субстрат, контроль вологості ґрунту мають значення для складу летких сполук *Origanum vulgare* L. [54; 56].

Також важливим є щільність посадки або площа живлення рослин [54]. Наприклад, дослідження, зосереджене на промисловому вирощуванні *Origanum vulgare* L. під краплинним зрошенням, показало, що правильне планування посадки (площа живлення, відстань між рослинами, схема розміщення) впливає на масу надземної частини, рівномірність росту, конкуренцію між рослинами, а отже, і на загальну врожайність [40; 57].

Вирощування за розсадним способом також має свої переваги в ключі контролю стартових умов, рівномірності росту, боротьби з бур'янами, що важливо для промислових плантацій [57].

Відомо, що навіть генетична база (варіанти/відбір, сорт, морфотип) має значення: деякі «колекційні» варіанти *Origanum vulgare* L. показували відмінний склад ефірної олії з великим числом компонентів, у дослідженні трьох сортів було ідентифіковано понад 60 компонентів із багатьма терпенами, сесквітерпенами, а також оксиди, спирти тощо [40; 58].

Отже, агротехніка, добрива, водний режим, щільність посадки, субстрат, спосіб розмноження взаємодіють і впливають не лише на те, «скільки» олії отримаємо, але й на те, «яку» за складом [58; 59].

Ще один критичний фактор – це стадія розвитку *Origanum vulgare* L. під час збирання. У дослідженнях показано, що оптимальний час для максимального врожаю надземної маси та ефірної олії – це саме фаза повного цвітіння [40; 58].

Наприклад, для *Origanum vulgare* L. при зборі в різні фенологічні стадії (від вегетативної до плодоношення) найкращі показники (з точки зору маси та вмісту олії) були на стадії активного цвітіння [59].

Урожайність та якість рослинної сировини є найважливішими характеристиками в комерційному вирощуванні спецій та ароматичних трав. Дуже важливо вибрати найпродуктивніші підвиди/сорта та визначити оптимальний період збору врожаю, який може відрізнитися залежно від кліматичних умов та властивостей рослин [60]. У дослідженні, що порівнювало два підвиди (*ssp. vulgare* і *ssp. hirtum*), показано, що характер і кількість олії дуже залежать від часу збору: для підвиду *ssp. hirtum* (часто з «карвакровим» хемотипом) у період цвітіння і перед плодоношенням *Origanum vulgare* L. був максимум загального виходу олії; після цвітіння ефективність знижувалася [40; 59]. Що важливо, зміни торкалися не лише кількості, але й складових компонентів. Наприклад, у різні фенологічні стадії змінювалися відсотки тимолу, γ -терпінену, *p*-цимену та інших летких сполук [58]

Польовий експеримент було проведено в агрокліматичних умовах долини Дун із метою визначення впливу фенологічних стадій на врожайність трави та якість олії орегано звичайного (*Origanum vulgare* L.) [59]. Рослини збирали в п'ять фенологічних стадій, тобто на ранній вегетації, пізній вегетації, початку цвітіння, повного цвітіння та зав'язування плодів [58; 59]. Результати показали значний вплив фенологічних стадій на травостій, врожайність та якість *Origanum vulgare* L.. Збір на стадії повного цвітіння показав кращі результати з точки зору виходу трави та олії [58; 59]. Якість ефірної олії оцінювали за допомогою газової хроматографії (ГХ) та газової хроматографії/мас-спектрометрії (ГХ/МС). Вміст тимолу був високим на всіх стадіях (46,90–62,26%), далі йшли γ -терпінен (1,11–11,75%) та *p*-цимен (3,11–5,32%) [40; 57; 59].

Це означає, що для отримання максимально цінної олії з бажаним хемотипом важливо точно вловити час збирання [51; 59].

Після збору на якість кінцевої ефірної олії також впливають методи сушіння, умови зберігання, дистиляції або екстракції. Дослідження, що порівнювало різні

методи сушіння аерійних частин *Origanum vulgare* L. (тіньове сушіння, сушіння в печі, мікрохвильове сушіння, осмотичне зневоднення), показало, що склад і хімічний профіль олії змінюються залежно від методу [40; 57; 59].

Щоб оцінити вплив деяких методів сушіння на хімічний склад ефірної олії *Origanum vulgare* L., його надземні частини були зневоднені методами конвективного сушіння (тінь, статична піч), нагріванням за допомогою мікрохвиль (три різні методи обробки) та осмотичною обробкою [57; 59].

Отримані олії були проаналізовані за допомогою газової хроматографії з посиленням детектування (GC-FID) та газової хроматографії з мас-спектрометрією (GC-MS) [59]. Найвищий вихід ефірної олії був досягнутий методами мікрохвильового та тіньового сушіння [59]. Зокрема, мікрохвильове сушіння та сушіння в тіні забезпечували найвищий вихід ефірної олії. В усіх зразках головною сполукою був карвакрол (від ~56,2% до ~81,4%), але співвідношення інших компонентів (p-cymene, γ -terpinene, α -pinene, тимол-метиловий ефір, тощо) змінювалося залежно від способу сушіння [57; 59].

Загалом у ході дослідження було виявлено 39 компонентів, основним складником яких був карвакрол (від 56,2 до 81,4%); іншими сполуками, наявними в менших кількостях, були п-цимен (1,6–17,7%), γ -терпінен (0,8–14,2%), α -пінен (0,1–2,1%), тимолметиловий ефір (0,4–1,8%) та тимохінон (0,5–3,5%) [59]. Вихід ефірної олії, а також відносний склад варіювався залежно від способу обробки [59].

Відсоток п-цимену, γ -терпінену та α -пінену значно зменшився у висушеному зразку порівняно зі свіжим; з іншого боку, вміст карвакролу, ізоборнеолу та ліналоолу значно збільшився у висушених матеріалах [59]. Тому вибір методу сушіння для отримання ефірної олії є вирішальним не лише з огляду на вищий вихід, але й передусім з огляду на відсоткову наявність компонентів, які можуть спрямувати ефірну олію на відповідне використання [59].

У дослідженні, яке порівнювало органічне та мінеральне удобрення і комбіноване сушіння, показано, що органічне вирощування та правильна сушка дає

продукцію з підвищеним вмістом летких біоактивних компонентів і покращеною антиоксидантною активністю [60].

З отриманих продуктів проводили твердофазну мікроекстракцію в паровому просторі (HS-SPME), а їхній склад визначали за допомогою газової хроматографії (GC-MS) [60; 61]. Використані органічні добрива призвели до отримання сухої трави *Origanum vulgare* L. зі значно вищим біоактивним потенціалом, ніж у трав, оброблених матеріальним добривом [40; 60; 61]. Це явище можна розпізнати як ефект викликання реакції, пов'язаний із використанням екстракту кропиви дводомної. Органічно удобрена *Origanum vulgare* L. також містила підвищений вміст карвакролу у вільному просторі над сумішшю, що призвело до більш інтенсивного запаху сухої трави [61]. Використання органічних добрив при вирощуванні *Origanum vulgare* L. сприяє виробництву сировини для безпосереднього споживання та сушіння, така сировина має вищий біоактивний потенціал та кращі органолептичні властивості [60]

Отже, постзбиральна технологія (сушіння, екстракція/дистиляція) є ключовим етапом, на якому формується кінцевий хімічний профіль олії.

Незважаючи на значну кількість досліджень, в описі та аналізі процесу важливі обмеження та прогалини. По-перше, більшість експериментів охоплюють лише окремі фактори (наприклад, лише зрошення або лише сушку). Дуже мало праць, які б цілісно оцінювали вплив багатьох чинників: водночас добрив, води, щільності посадки, генетики, субстрату, післязбиральної обробки. Для реального промислового вирощування потрібно такі «мультифакторні» дослідження.

По-друге, багато досліджень виконані в специфічних умовах (субтропіки, середземноморський клімат, Іран, Середземномор'я тощо). Даних із помірних зон з континентальним або гірським кліматом значно менше. Це важливо для адаптації вирощування *Origanum vulgare* L., наприклад, в умовах Центральної, Східної чи Південно-Східної Європи.

По-третє, стандартів для післязбиральної обробки *Origanum vulgare* L., її сушіння, зберігання, екстракції часто немає або вони відрізняються між

дослідженнями. Це ускладнює порівняння результатів між різними країнами чи ґрунтами.

По-четверте, бракує досліджень щодо стійкості складу олій до чинників довкілля (вологості, температури) при зберіганні. Крім того, потребує уточнення залежність біологічної активності продукту (антиоксидантної та антимікробної) від обраного методу екстракції.

1.3. Значення *Origanum vulgare* L. у медицині, її властивості та можливе застосування в клініці

1.3.1. Основні відомості про медичні властивості *Origanum vulgare* L.

Материнка звичайна (*Origanum vulgare* L.) – це представник родини *Lamiaceae*, який здавна використовувався в народній медицині як засіб із протизапальними, антисептичними, відхаркувальними та спазмолітичними властивостями [61]. У сучасних наукових реаліях ця рослина набула значного інтересу завдяки багатому біохімічному складу та широкому спектру впливу біологічно активних речовин, зокрема їхнім антибактеріальним властивостям, протигрибковій, антиоксидантній та імуномодулювальній дії [62; 75; 76; 85].

Origanum vulgare L., імовірно, є найвідомішим видом з роду *Origanum*, який застосовується в традиційній медицині та як кулінарна спеція [71; 70]. Він має дві поширені назви – орегано та дикий майоран. Іноді його називають «князем трав», назву *Origanum* вперше використав давньогрецький лікар Гіппократ (460–370 рр. до н. е.). Назва походить від грецьких слів «гора» (*oros*) та «радість» (*ganos*), що означає «радість гір» [61; 70; 82; 86].

Origanum vulgare L. з давніх-давен використовується в народній медицині, а також для ароматизації та консервування їжі. Свіжий орегано має пряний аромат, що нагадує гвоздику та бальзам, а сушена трава має гострий смак із нотками м'яти перцевої, сосни і гвоздики [68; 87]. Орегано традиційно застосовується в італійських, грецьких та мексиканських стравах. Квітучі верхівки є складником

пива та елю, а свіже та сушене листя можна додавати до супів, запіканок, соусів, рагу, яєць, оливок, чаїв, страв на основі помідорів та страв із сильним смаком, таких як чилі та піца [71; 72; 88].

У народній медицині *O. vulgare* L. використовується при респіраторних захворюваннях (кашель, запалення слизових оболонок бронхів та як відхаркувальний засіб), розладі шлунку, болісних менструаціях, ревматоїдному артриті, для стимуляції потовиділення, при проблемах із сечовипусканням, м'язових болях та як сечогінний засіб [62; 64; 73; 76]. У китайській медицині материнка є засобом від застуди, блювоти, лихоманки, дизентерії, жовтяниці та дитячого недоїдання [64; 74].

Ефірна олія використовується в комерційних цілях для ароматизації мила, лосьйонів та парфумів [70; 75]. Ефірна олія материнки також використовується для знищення вошей, а в гомеопатії материнка вважається афродизіаком. До препаратів належать настої, чайні порошки, суспензії для полоскання горла та порошки для ванни [68; 76].

Надземна частина рослини містить широкий спектр біологічно активних компонентів, зокрема фенольні глікозиди, флавоноїди, таніни, стероли та значну кількість терпеноїдів [68; 77; 78]. Їхній вміст може варіюватися залежно від наявності різних хемотипів у межах одного виду, географічного регіону походження та часу збору врожаю [78; 79]. Ці та інші фактори можуть призводити до відмінностей у фармакологічних ефектах [80].

До складу ефірних олій входять монотерпенові феноли, переважає карвакрол і тимол, які виявляють властивості антимікробної дії. Склад олій надзвичайно варіабельний, це зумовлено генетичними й екологічними чинниками [64; 65; 81]. Варіабельність хімотипів (різні співвідношення карвакролу, тимолу, сабінену, γ терпінену) підкреслює потребу стандартизації для терапевтичних чи промислових застосувань екстрактів *O. vulgare* L.. Було виявлено щонайменше дев'ять хімотипів ефірної олії з переважанням таких компонентів, як: тимол, карвакрол, сабінен, γ -терпінен, p -цимен, β -каріофілен тощо [65; 68; 78; 82].

Зокрема, у різних популяціях *O. vulgare* L. виявлено суттєві коливання у вмісті ефірної олії (наприклад, від 0,07 % до 0,80 % на основі сухої ваги в популяціях, поширених на просторах Гімалаїв) і складових класів: монотерпенових вуглеводнів, оксигеновмісних монотерпенів, сесквітерпенових вуглеводнів [65; 79; 83].

Гідрофільні та гідрофобні властивості засвідчують, що в *Origanum vulgare* L. існують дві основні групи фітохімічних речовин, охоплюючи ефірні олії та фенольні сполуки (флавоноїди та фенольні кислоти) [79; 84]. Інші біологічно активні речовини складаються з терпеноїдів, танінів та стеролів [85].

O. vulgare L. використовується в народній медицині завдяки своїм лікувальним властивостям, переважно при захворюваннях бронхів, як засіб для покращення травлення та як антисептик, а також для лікування застуди, диспепсії та шлункових розладів [86; 87].

Фенольні монотерпеноїди, тимол і карвакрол, виділяються як ключові біоактивні компоненти, що, ймовірно, формують основу багатьох фармакологічних властивостей [87; 88]. Екстракти та ефірні олії *O. vulgare* L. проявляють бактерицидну, фунгіцидну та віруліцидну дію [89].

Ці речовини здатні дестабілізувати клітинну мембрану мікроорганізмів, змінюючи її проникність, тим самим призводять до втрати клітинного вмісту, тобто до загибелі бактеріальних клітин [90].

Механізм дії, як зазначено вище, передбачає порушення цілісності мембрани бактеріальної клітини, тобто викликає процес лізису, витік внутрішньоклітинного вмісту, а також інгібування активності ефлюксних насосів [90; 91]. Окрім того, забезпечує зменшення рухливості бактерій та придушення формування біоплівки. Для обміну інформацією всередині біоплівки між окремими клітинами одного або різних видів бактерії використовують сигнальні молекули системи кворум-сенсингового зв'язку [65; 73; 85]. Фенольні монотерпеноїди та ефірні олії *O. vulgare* L. призводять до порушення цього кворум-сенсингового (*quorum sensing*) зв'язку [16; 85; 91].

1.3.2. Антибактеріальна властивість *Origanum vulgare* L.

Протягом двох останніх десятиліть, після зростання резистентності бактерій до антибіотиків, що натомість стало глобальною загрозою для здоров'я людства, інтерес учених зосередився на дослідженнях щодо покращення захисту та нових методів лікування бактеріальних хвороб [61; 92]. Згідно з літературними даними, близько третини медичних методів антибактеріальної терапії розроблено на основі продуктів органічного синтезу [61; 62]. Природа забезпечила нескінченне джерело малих молекул, які відігравали та продовжують відігравати важливу роль у медицині. Приблизно дві третини клінічно використовуваних антибактеріальних методів терапії походять з натуральних продуктів [63].

Цей успіх здебільшого можна пояснити унікальними властивостями, які були відточені еволюційними процесами, щоб забезпечити організму-продуценту селективну перевагу [61; 63]. Такі переваги, як природна клітинна проникність, широке хімічне різноманіття та специфічність до мішені, часто відсутні у бібліотеках синтетичних хімічних сполук.

Тим не менш, після революційних відкриттів більшості класів антибактеріальних препаратів, відомих сьогодні, великі фармацевтичні компанії знизили свій інтерес до натуральних продуктів за останні два десятиліття [67; 68; 69]. Виною цьому є притаманна складність відкриття ліків на основі натуральних продуктів. Дослідницькі зусилля стримуються проблемами повторного відкриття вже відомих структурних каркасів після трудомісткого процесу очищення та характеристики, низькою доступністю сполук, а також неминучими хибнопозитивними результатами через інтерференцію (втручання) інших речовин в екстрактах [68].

Доцільність програм пошуку природних сполук зазнала подальших випробувань із появою у 1990-х роках високопродуктивного скринінгу (HTS), який виявив, що темпи відкриття природних речовин не можуть конкурувати зі швидкістю скринінгу бібліотек синтетичних хімічних сполук [90; 92]. За іронією

долі, новітні досягнення в сучасній розробці ліків, спрямовані на дослідження синтетичних бібліотек, мали величезний вплив на галузь пошуку природних сполук і стали рушійною силою для нових технологічних рішень, що дозволили подолати типові технічні бар'єри [93].

Наприклад, автоматизація лабораторій проклала шлях до створення великих бібліотек попередньо очищених фракцій або екстрактів, які краще пристосовані до скринінгу у форматах високої щільності [93; 94]. Крім того, завдяки появі більш швидких та ефективних методів відстеження біоактивності, а також стратегій ефективної дереплікації відомих молекул, напрямок пошуку ліків на основі природних сполук має всі передумови для відродження. Це відбувається у критичний момент, коли стрімке зростання резистентності і, як наслідок, зниження ефективності антибіотиків, досягли свого історичного максимуму [95; 96].

Дослідження показують, що ефірні олії є надійними та екологічно безпечними сполуками антибактеріальної дії в боротьбі з інфекційними захворюваннями [77; 97; 98]. Вважається, що термін «ефірна олія» походить від назви, придуманої в XVI столітті швейцарським реформатором медицини Парацельсом фон Гогенхаймом; він назвав ефективний компонент препарату *Quinta essentia* [75; 99]. За оцінками, відомо 3000 ЕО (ефірних олій), із яких близько 300 мають комерційне значення, рекомендовані переважно для ринку ароматизаторів, деякі з них мають ще й антимікробні властивості, і ці властивості були розглянуті раніше, як і антимікробні властивості спецій, але відносно недавнє зростання інтересу до «зеленого» споживацтва призвело до відновлення наукового зацікавлення цими речовинами [75; 76]. Окрім антибактеріальних, ЕО або їхні компоненти проявляють противірусні, протимікотичні властивості. Ці характеристики, можливо, пов'язані з функцією цих сполук у рослинах [75; 77].

Складники ефірних олій можуть пригнічувати активний ріст бактерій та дріжджів. Стійкість мікроорганізмів до них є слабшою, ніж до самостійної молекули антибіотика [68; 100; 101].

Антибактеріальні властивості *O. vulgare* L. відрізняються залежно від виду мікроорганізмів (дикий, еталонний, чутливий до препаратів або стійкий) та типу рослинної екстракції (ефірні олії або інші екстракти), це слід враховувати при вивченні потенціалу цього виду рослин для розробки нових антимікробних препаратів [77; 100]. Грампозитивні бактерії (*Staphylococcus aureus*) є більш чутливими до ефірних олій *O. vulgare* L., ніж грам-негативні, хоча ефект у широкому спектрі дії все одно присутній [77; 101].

Ефективність різних екстрактів *O. vulgare* L. проти патогенних бактерій була детально вивчена [101; 102]. У 2013 використовували ефірну олію для обробки групи з п'яти бактерій: *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Shewanella putrefaciens* та *Pseudomonas putida*. Отримані результати показали пригнічення їхнього росту, особливо *L. monocytogenes*, зі значеннями мінімальної інгібувальної концентрації (МІК) у діапазоні від 0,4 до 4,5 мг/мл [101; 102; 104].

При дослідженні понад двадцяти зразків ЕО, найвищу інгібувальну здатність щодо *Salmonella enterica* та *L. monocytogenes* (десять штамів кожного виду) було виявлено в *O. vulgare* L. зі значеннями МІК від 0,6 до 1,2 мкл/мл [104; 105]. Та ж сама ЕО в нижчих концентраціях (0,15–5,0 мкл/мл) продемонструвала найвищий бактеріостатичний або бактерицидний ефект щодо двох найбільш стійких штамів (*S. enterica* серовар Derby S1 та *L. monocytogenes* ATCC7644) при оцінці динаміки їхньої інактивації методом турбідиметричного аналізу [101; 106; 107; 108].

Ефірні олії з *O. vulgare* L., вирощеної в різних умовах, протестовані на клінічних ізолятах мультирезистентних штамів *E. coli* (n=27), *Klebsiella oxytoca* (n=7) та *K. pneumoniae* (n=16) виявили певний антибактеріальний ефект [40; 90; 92]. Найчутливішим мікроорганізмом виявився *K. oxytoca* (середнє значення МІК 0,9 мкг/мл), за ним слідує *K. pneumoniae* (середнє значення МІК 73,5 мкг/мл) та *E. coli* (середнє значення МІК 219,9 мкг/мл), без суттєвих відмінностей між зрошуваними та незрошуваними рослинами [40; 41; 89; 101; 109].

Згідно з даними 2013 року, ЕО також була здатна пригнічувати (значення МІК 8 мг/мл) *Enterococcus faecalis*, коменсальний мікроорганізм шлунково-кишкового тракту людини [101; 110; 111].

Дослідження у 2016 році продемонстрували антимікробну активність ЕО (100 мкл), виражену діаметром зони затримки росту (15–35 мм), порівняно з аугментином (30 мкг, 28–40 мм) та хлорамфеніколом (30 мкг, 20–27 мм), а також мінімальні летальні концентрації (160–320 мкл/мл) проти *S. enteritidis*, *S. aureus*, *E. coli* та *L. monocytogenes* [76; 101; 112].

ЕО з різних біотипів *O. vulgare* L., зібраних на різних стадіях росту, були достовірно активними проти *Staphylococcus epidermidis* з МІК 3,12 М25 мкг/мл, що в деяких випадках можна порівняти з активністю хлорамфеніколу (3,12 мкг/мл) [91; 113]. Подібно спостерігали найвищу активність ЕО *O. vulgare* L. порівняно з оліями інших ароматичних рослин проти *S. epidermidis*, *S. aureus*, *E. faecalis* та *E. coli* (діаметри зон пригнічення росту від 24,25 до 52 мм) [114; 115; 116].

У 2014 році досліджували активність ЕО проти комплексу *Burkholderia ceracia* (Всс) – групи з вісімнадцяти видів бактерій, що викликають важкі інфекції у пацієнтів з муковісцидозом [101; 114; 117; 118]. Усі протестовані штами Всс, зокрема й ті, що мали високу резистентність до ципрофлоксацину (зона інгібування від 5 до 30 мм), виявилися надзвичайно чутливими до ЕО (зона інгібування від 30 до 70 мм) [114; 119; 120]. Ці результати були підтверджені у 2016 році, де значення МБК та МІК були меншими або дорівнювали 0,25% (об/об) [121; 122; 123]. Це також стосувалося інших мультирезистентних бактерій, відповідальних за респіраторні інфекції при муковісцидозі, таких як *Stenotrophomonas maltophilia* (0,25%), *P. aeruginosa* (1%), *S. aureus* (1,5 і 0,50% відповідно) та *Achromobacter xylosoxidans* (1,5 і 0,50% відповідно) [99; 101; 124; 125; 126].

Також високу чутливість (МІК 2,2–6,13 мкл/мл) виявили три види клостридій (*C. perfringens*, *C. intestinale* та *C. ramosum*) [126; 127; 128]. Серед п'яти різних ЕО зразок з *O. vulgare* L. продемонстрував найвищу антимікробну активність з МІК від 256 до 512 мкг/мл проти ізолятів глоткових стрептококів групи А. Усі штами були

еритроміцин-резистентними та клітинно-інвазивними, спричиняючи різноманітні клінічні інфекції [101; 113; 129; 130].

Антимікробний синергізм ЕО *O. vulgare* L. та *T. vulgaris* L. досліджувався проти *S. aureus* та *S. typhimurium* [131]. Отримані дані показали їхній комбінований ефект з індексами фракційної інгібувальної концентрації 0,45 та 0,50, що відповідає комбінації МІК 0,2 та 0,5 мкл/мл для *S. aureus* та *S. typhimurium* відповідно [130; 132].

Суміш ефірних олій (ЕО) *O. vulgare* L. subsp. *hirtum* та *Satureja hortensis* (2:1) продемонструвала в чотири рази вищу активність, ніж окремі олії (МІК 0,5 проти 2 мкл/мл) щодо резистентного до метронідазолу та адаптованого до мишей штаму *Helicobacter pylori* SS1 [132; 133].

Також були вивчені синергічні ефекти ЕО *O. vulgare* L. з антибіотиками проти мультирезистентних штамів *S. aureus* [86; 101; 134; 135]. Водночас із відповідною антистафілококовою активністю ЕО модулювала дію тетрацикліну шляхом пригнічення ефлюксних pomp, знижуючи таким чином значення МІК (мінімальної інгібувальної концентрації) до чотирьох разів. Значна активність ЕО щодо штамів *S. aureus* була підтверджена зі значеннями МІК від 0,24 до 0,48 мг/мл [96; 136; 137]. Відповідно до індексу фракційної інгібувальної концентрації (FICI, зі значеннями від 0,375 до 1,5), спостерігався синергічний ефект ЕО *O. vulgare* L. з ЕО *Leptospermum scoparium* (34,68%), що свідчить про доцільність їхнього комбінованого практичного використання [96; 139].

Науковці у 2016 вперше описали синергічні та адитивні взаємодії між ЕО *O. vulgare* L. та «зеленими» наночастинками срібла (bio-AgNP), продукованими *Fusarium oxysporum*, проти мультирезистентних бактерій, таких як метицилін-резистентний *S. aureus*, а також штами *E. coli* та *Acinetobacter baumannii*, що продукують beta-лактамази та карбапенемази [137; 140]. Їхня комбінація суттєво знизила значення МІК порівняно з індивідуальною обробкою, а також час дії bio-AgNP (з 4 год до 20 хв для грамнегативних бактерій і з 24 до 7 год для грампозитивних бактерій) [141; 142; 143; 144].

Антимікробна активність ЕО проти двох дерматофітних грибів, таких як *Trichophyton rubrum* і *T. mentagrophytes* (зона інгібування 38 і 42 мм відповідно), була подібною до активності еталонних сполук антибіотиків (34–40 мм) [76; 101; 145]. *Aspergillus flavus* також значно пригнічувався (36 мм) [76; 32; 146; 147].

Обробка вірусу гепатиту А призвела до незначного зниження його інфекційності з максимальним зменшенням менш ніж на 0,4 log TCID₅₀ (50% тканинна цитопатична інфікувальна доза)/мл при використанні 0,5% ЕО *O. vulgare* L. [133; 148; 149].

Як повідомлялося раніше, хімічний профіль ефірних олій (ЕО) із певного виду рослин може відрізнятися через вплив кількох факторів. Це ускладнює стандартизацію та порівняння результатів експериментального застосування ЕО. Їхня антимікробна активність часто пояснюється складністю компонентів, а також синергічними та/або адаптивними ефектами між ними [82; 125; 150; 151]. Однак, якщо розглядати дані щодо складу описаних ЕО, стає очевидним, що їхня здатність протидіяти росту мікробів була переважно (80% випадків) пов'язана з наявністю фенольних сполук, таких як карвакрол (до 93%) і тимол (до 49%) [83; 101; 152]. Вони можуть порушувати проникність цитоплазматичної мембрани, спричиняючи її пошкодження та витік клітинного вмісту [83; 85; 113]. В інших випадках домінантним компонентом був терпінен-4-ол (21–25%), що підтверджує його доведену активність [93; 153; 154].

Досліджувалася також антимікробна активність інших екстрактів *O. vulgare* L., відмінних від ЕО. Три різні екстракти були протестовані на *S. typhimurium*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S. putrefaciens* та *P. putida*. Етанольний екстракт пригнічував усі патогени (МІК 6,9–277 мг/мл), за винятком *P. putida*, тоді як до екстрактів гарячої та холодної води був чутливим лише *S. putrefaciens* (417 і 238 мг/мл відповідно) [146; 155].

П'ять різних екстрактів виявили широкий спектр активності щодо десяти мультирезистентних клінічних ізолятів грампозитивних і грамнегативних бактерій [89]. Етанольні та метанольні екстракти були найактивнішими проти всіх

протестованих ізолятів (МІК 1,56–25 мг/мл) [86; 156]. Гексановий екстракт незначно пригнічував ріст *S. aureus* (3 ізоляти), *K. pneumoniae* (1 із 2 ізолятів) та *Proteus mirabilis* (зони інгібування 4–14 мм), так само як і хлороформний екстракт проти *S. aureus* (3 ізоляти) та *E. coli* (2 ізоляти; 6–13 мм). Активності водного екстракту виявлено не було. Стандартні штами *S. aureus* ATCC 25923 та *E. coli* ATCC 25922 були найбільш пригніченими мікроорганізмами (МІК 1,56–3,12 мг/мл) [89; 157; 158].

З іншого боку, було виявлено найвищий інгібувальний ефект водного екстракту щодо 19 штамів патогенних для людини бактерій та бактерій, що викликають псування харчових продуктів (МІК <0,16–5 мг/мл) [48; 159]. Усі значення порівнювали з показниками доксицикліну (МІК 0,11–250 мкг/мл). Водний екстракт, поряд з етанольним, ацетоновим, етилацетатним та діетиловим ефірним екстрактами, виявив значний вплив на *Bacillus spp.*, особливо на *B. pumilus* (МІК від <0,16 до <0,3 мг/мл). Усі штами *S. aureus* були високочутливими до всіх екстрактів (МІК <0,16–0,6 мг/мл) [48; 159].

Спостерігаємо також низьку ефективність водного екстракту (МІК>12%) щодо *E. coli* ATCC 2592, *K. pneumoniae*, *P. mirabilis* та *P. aeruginosa* ATCC 27835 [74]. Метанольний екстракт був достовірно активним проти всіх еталонних та клінічних штамів (*S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli*), виділених від пацієнтів із болем у горлі, із зоною інгібування 11–25 мм та МІК у діапазоні від 3,91 до 15,63 мкг/мл [118]. Етанольні та метанольні екстракти (обидва 70%) пригнічували ріст п'яти з двадцяти протестованих видів бактерій, особливо грампозитивних штамів, таких як *S. aureus*, *S. epidermidis*, *B. subtilis* та *Geobacillus stearothermophilus*, із зонами інгібування меншими, ніж у нітрофурантоїну, еталонної сполуки (11 проти 24–29 мм) [109; 160; 161].

У клінічному випробуванні «Гострий вплив спецій на здоров'я судин» («*The Acute Effect of Spices on Vascular Health*») досліджували постпрандіальні (після прийому їжі) ефекти вживання їжі з високим вмістом жирів разом зі спеціями (суміш чорного перцю, базиліку, лаврового листа, кориці, коріандру, кмину,

імбиру, орегано, петрушки, розмарину, червоного перцю, куркуми та чебрецю) [101; 131]. Оцінювали вплив на функцію ендотелію, ліпіди/ліпопротеїни, імунну функцію та плазмові маркери окислювального та запального стресу.

Інше випробування, «Мазь орегано проти стандартного лікування педіатричного atopічного дерматиту», порівнювало ефективність мазі з 3% екстрактом орегано на водній основі проти 1% гідрокортизонової мазі при atopічному дерматиті. Це випробування подібне до досліджень з використанням мазі з екстрактом *O. vulgare* L., яке тестували на 40 пацієнтах, що перенесли хірургічне висічення тканин [131]. Метою було оцінити її ранозагоювальні властивості порівняно з контрольною обробкою вазеліном. Дослідження продемонструвало, що обраний зразок зменшував бактеріальне забруднення та інфікування післяопераційних ран і забезпечував еквівалентний загальний вигляд рубця порівняно з вазеліном, ймовірно, діючи шляхом зменшення запалення [101; 111].

Підсумовуючи, зауважимо, що докази антимікробної активності *O. vulgare* L. *in vitro* є переконливими, особливо при використанні ЕО. Серед різних екстрактів метанольні та етанольні зразки показали більш стабільні та виражені результати. Їхня дія приписувалася флавоноїдам (наприклад, похідним лютеоліну) та фенольним кислотам (наприклад, розмариновій кислоті), хоча інші компоненти в менших кількостях можуть мати антимікробний потенціал і відігравати роль у загальній активності [109]. Гексанові та водні екстракти іноді виявлялися слабкими інгібіторами або неефективними.

Подальші дослідження *in vivo* та за участю людей, безумовно, покращать ці результати з метою переходу до клінічної фази.

1.3.3. Протигрибковий ефект екстракту *Origanum vulgare* L.

Недавні дослідження підтверджують, що екстракти з *O. vulgare* L., отримані водними, спиртовими способами та методами надкритичної CO² екстракції, проявляють значну протигрибкову активність.

Наприклад, у дослідженнях екстрактів водного типу виявлена протигрибкова дія до *Candida albicans*. Екстракт *Origanum vulgare* L. виявив також інгібувальний ефект при концентрації 200 мг/мл на всі досліджені штами дріжджоподібних грибків [65].

У дослідженні з надкритичною CO²-екстракцією при мікроскопічному спостереженні грибових клітин виявлено зниження життєздатності грибків, проте не було зафіксовано вивільнення внутрішньоклітинного натрію й калію. Це свідчить про те, що дія екстракту не обов'язково пов'язана з прямим руйнуванням клітинної мембрани або мембранні ефекти можуть бути тільки частиною механізму, а не основою процесу [65; 66].

При використанні CO²-екстракції встановлено, що за температури 40°C, 50°C та 60°C екстракти з *O. vulgare* L. виявляли активну протигрибкову дію до грибів роду *Fusarium*. Зокрема, для *F. graminearum* та *F. avenaceum* мінімальні концентрації інгібування та фунгіцидні концентрації становили 7,5 мг/мл незалежно від температури екстракції. Для *F. equiseti* екстракт, витягнутий за 60°C, мав концентрації інгібування та фунгіцидні концентрації 1,90 мг/мл, тоді як екстракти при 40/50 °C – 7,5 мг/мл [65; 87].

Фунгістатичну активність протестованих екстрактів *O. vulgare* L. SC-CO² також було підтверджено в дослідженнях флуоресцентної мікроскопії шляхом аналізу впливу екстрактів на зрілий міцелій. Мікроскопічні аналізи були проведені для *F. culmorum* та *F. graminearum* шляхом інкубації міцелію з екстрактами SC-CO₂ протягом 1 та 2 годин. На основі отриманих мікроскопічних зображень можна стверджувати, що екстракти *O. vulgare* L. SC-CO² впливають як на структуру гіф, так і на їхню життєздатність. Мікроскопічні зображення показали чіткий розпад структур всередині грибних гіф, а також морфологічні зміни, такі як потовщення та набухання [87]. Характерне набухання спостерігалось в гіфах *F. culmorum*, тоді як клітини *F. graminearum* були переважно деформовані через вигин. Крім того, на зображеннях, отриманих за допомогою флуоресцентної мікроскопії після використання барвників флуоресцеїну діацетату (FDA) та

пропідію йодиду (PI), спостерігалось збільшення частки мертвих гіф (червоний колір) після інкубації міцелію за наявності тестованих екстрактів *O. vulgare* L. SC-CO² порівняно з контрольними зразками (більша кількість живих гіф має зелений колір). Подібно до попередніх аналізів, суттєвих відмінностей у фунгістатичній активності екстрактів *Origanum vulgare* L. SC-CO² залежно від умов екстракції не спостерігалось. Чутливість грибів була здебільшого пов'язана з часом інкубації в присутності тестованих екстрактів *O. Vulgare* L. [85; 87].

Інші дослідження вказують на те, що ефірна олія *Origanum vulgare* L. інгібувала ріст *Staphylococcus aureus* при мінімальній концентрації інгібування 3.13 мг/мл та *Bacillus cereus* при 6.25 мг/мл, а також повністю пригнічувала ріст *Peronophythora litchii* при концентрації 12.5 мг/мл екстракту за 7-денний інкубаційний період [85].

Протигрибкова дія *in vitro* деяких ЕО з родини *Lamiaceae* була протестована на ооміцеті *Pythium insidiosum*, здатному інфікувати ссавців у тропічних і субтропічних зонах, спричиняючи пітіоз, захворювання, що характеризується підшкірними ураженнями. На більш пізній стадії – важкими виразками та некрозом. Значення МІК (0,05–1,75 мг/мл) виявили найвищу антимікробну активність ЕО *O. vulgare* L. проти двадцяти двох ізолятів [93]. Проте було виявлено слабку кореляцію між результатами *in vitro* та *in vivo*. У кролів препарат для місцевого застосування з ЕО *O. vulgare* L. виявився малоефективним при пітіозі. Лише поєднання з ЕО *Mentha piperita* плюс імунотерапія дозволили зафіксувати помітну терапевтичну дію [94].

Протигрибковий ефект *Origanum vulgare* L. зумовлений поліфенольними сполуками і проявляється у пригніченні росту дріжджових і пліснявих грибів, зокрема *Candida albicans* та *Aspergillus niger*. Це дозволяє розглядати *Origanum vulgare* L. як перспективний компонент антимікотичних препаратів та біоактивних добавок. Комбінація карвакролу або тимолу з антибіотиками або антимікотиками може мати синергійний ефект, що відкриває перспективу застосування таких поєднань [94].

Проте у 2016 році вчені надали протилежні результати щодо ефектів комбінації ЕО *O. vulgare* L. з двома протигрибковими препаратами [149]. Перша комбінація (ЕО плюс ітраконазол) продемонструвала явний синергійний ефект (60%) проти ізолятів *P. insidiosum* (n=20) зі значеннями МІК 4-16/109,37 мкг/мл (об/об), тоді як друга (ЕО плюс тербінафін) не дала ефекту або мала антагоністичний ефект [149].

Ефективність ЕО *O. vulgare* L. щодо *Candida albicans* була задокументована зі значеннями МІК від 0,31 до 25 мкл/мл [87; 101; 119] та зоною інгібування 32 мм, що узгоджується з показниками для флюкоралу та мікосату (35 і 30 мм відповідно) [76]. Вісім комерційних ЕО показали спектр інгібувальної активності проти трьох видів, що не належать до *albicans* (*C. parapsilosis*, *C. lusitaniae*, *C. krusei*), зі значеннями МІК від 1,2 до 10 мкл/мл, що є результатом різних концентрацій тимолу та карвакролу в досліджуваних зразках [87].

На відміну від деяких інших ЕО, що не виявляли протигрибкової активності, ЕО *O. vulgare* L. була здатна протидіяти флуконазол-чутливим та флуконазол-резистентним ізолятам *C. glabrata* зі значеннями МІК від 400 до 1600 мкг/мл. Перша група грибів виявилася чутливішою за другу (значення МІК 815,6 проти 1047,5 мкг/мл) [140].

1.3.4. Антиоксидантні властивості *Origanum vulgare* L.

Вміст фенольних сполук, зокрема розмаринової кислоти, кверцетину, апігеніну, зумовлює антиоксидантну активність *Origanum vulgare* L.. Вміст фенолів відповідно до сухої маси може становити 1406–2221 мг на 100 г сировини, а вміст L-аскорбінової кислоти й каротиноїдів 4,223,1 мг і 25,5–51,0 мг на 100 г. Ці речовини ефективно нейтралізують вільні радикали, пригнічують процеси ліпопероксидації та захищають клітини від оксидативного стресу. З огляду на це, *O. vulgare* L. може розглядатися як природне джерело антиоксидантів для профілактики хронічних неінфекційних захворювань, як-то: атеросклерозу, діабету, онкологічних та нейродегенеративних станів [32; 44].

Антиоксидантні властивості *O. vulgare* L. були широко досліджені, особливо похідні її ефірних олій. Здатність *O. vulgare* L. поглинати радикали часто оцінювали за допомогою методу 2,2-дифеніл-1-пікрилгідразилу (DPPH) [44].

Ефірна олія показала незначну антирадикальну силу з відсотковими значеннями від 2,85 до 3,68%, що зростали зі збільшенням концентрації (7–9 мг/мл) [121]. Подібна низька активність була також задокументована зі значенням EC50 $1509,1 \pm 119,0$ мкг/мл, що відповідає індексу антиоксидантної активності (AAI) 0,05 [146].

Результати тестів на залізовідновлювальну антиоксидантну здатність (FRAP) та відновлювальну здатність (RP) підтвердили слабку антиоксидантну активність ефірної олії ($38,5 \pm 2,3$ мкмоль Fe^{2+} /г та $74,5 \pm 0,5$ мкмоль аскорбінової кислоти/г зразка відповідно) [146]. У 2017 дослідники визначили показник $83,33 \pm 0,025$ мкмоль Тролокс-еквіваленту/мл для поглинання DPPH [117], тоді ж інша група повідомила про значення IC50, що дорівнює 1890 г/г [154].

У 2014 було отримано вищу активність з 93% інгібуванням синтетичного вільного радикала при найвищій протестованій концентрації ефірної олії (50 мкл/мл) [103]. Тоді ж, у 2016 році, учені спостерігали значну поглинальну здатність (59,09 та 54,8%) при обох досліджуваних концентраціях ефірної олії [101].

Інші зразки, тобто водні, етанольні, етилацетатні, ацетонові та діетилефірні екстракти *O. vulgare* L., показали помірну або високу здатність поглинати радикали DPPH зі значеннями IC50 від 34,5 до 86 мкг/мл, хоча активність була принаймні в сім разів нижчою, ніж в аскорбінової кислоти (IC50=5,25 мкг/мл). Етанольний екстракт виявився найбільш активним (AAI=1,16) [112].

Різні водні екстракти *O. vulgare* L., такі як відвари та настої, а також водно-спиртові екстракти, також оцінювали щодо їхньої антиоксидантної активності [116]. Зразки настою та відвару показали порівняну відновлювальну здатність (значення EC50 $116,26 \pm 0,45$ та $111,06 \pm 8,16$ відповідно) та анти-DPPH активність (значення EC50 $142,43 \pm 10,30$ та $132,93 \pm 6,61$ відповідно), хоча відвар мав вищу

здатність інгібувати знебарвлення бета-каротину $115,69 \pm 16,34$ проти $262,30 \pm 2,58$ значення EC50) та інгібування перекисного окислення ліпідів (значення EC50 $8,73 \pm 0,55$ проти $22,75 \pm 0,54$) у гомогенатах клітин мозку. Обидва препарати були більш ефективними, ніж водно-спиртовий екстракт, у всіх тестах [116].

Інші водні екстракти з *O. vulgare* L., отримані трьома різними способами (при 85°C , при кімнатній температурі та при кімнатній температурі з використанням ультразвукової водяної бані), з екстракцією петролейним ефіром або без неї, поглинали радикали DPPH та ABTS [2,2'-азино-біс (3-етилбензотіазолін-6-сульфонова кислота)], зі значеннями від 1,31 до 3,16 та від 1,34 до 3,35 мкмоль/мл відповідно [139].

Тест DPPH показав, що екстракт гарячої води є найпотужнішим антиоксидантним агентом (EC50 $25,1 \pm 2,2$ мкг/мл), наступні за ним етанольний екстракт ($64,1 \pm 1,2$ мкг/мл) та екстракт холодної води ($144,3 \pm 4,0$ мкг/мл). Така ж тенденція спостерігалася і в тесті на відновлювальну здатність (RP) (значення EC50 $621,7 \pm 24,0$; $232,7 \pm 58,7$ та $203,3 \pm 18$ мкг/мл відповідно) [139].

З іншого боку, екстракт холодної води виявився найбільш потужним у тесті FRAP (EC50 $37,7 \pm 1,3$ мкг/мл) [146].

80% метанольний екстракт стабільно демонстрував значну активність за результатами всіх п'яти проведених тестів [147]. У тесті з DPPH він досяг значення 714,15 мкмоль тролокс-еквівалентів (TE)/г сухої маси (СМ), що подібно до показників бутильованого гідрокситолуолу (ВНТ) ($559,17 \pm 28,75$ мкмоль TE/г СМ), який використовувався як еталонна сполука, хоча це було в 3–11 разів нижче за значення інших п'яти стандартних антиоксидантів (що варіювалися від $2221,83 \pm 30,39$ до $8026,54 \pm 183,58$ мкмоль TE/г СМ) [147].

Цей же екстракт також показав дуже сильну антиоксидантну здатність відновлювати іони міді (CUPRAC) (>1000 мкмоль TE/г СМ), відновлювальну здатність (RP) (>1000 мкмоль еквівалентів аскорбінової кислоти (AAE)/г СМ) та активність поглинання радикалів ABTS•+ ($1240,74$ мкмоль TE/г СМ), а також

високу антиоксидантну активність у фосфомолібденовому тесті (71,22 мг ААЕ/г СМ) [147].

70% метанольний екстракт *O. vulgare* L. ssp. *hirtum* був одним із двох зразків, що показали найвищу активність серед отриманих із чотирьох ароматичних рослин [138]. Він здатний поглинати радикали DPPH та ABTS + зі значеннями 139,8 та 105,1 мг ТЕ/г сухої маси відповідно і продемонстрував досить високий ступінь залізо відновлювальної здатності (значення FRAP 155,8 мг ТЕ/г сухої маси) [138].

Підсумовуючи, можемо припустити, що антиоксидантна здатність *O. vulgare* L., виявлена *in vitro*, може, принаймні частково, пояснити доклінічну протипухлинну та протизапальну активність, про яку повідомлялося раніше.

На результати визначення антиоксидантної активності можуть суттєво впливати різні методи екстракції та використані тести, а також складність самих рослинних екстрактів, що містять сполуки з різними функціональними групами, полярністю та хімічною поведінкою [104]. Наприклад, наявність значної кількості фенолів, таких як карвакрол і тимол, які мають гідроксильну групу в різних положеннях фенольного кільця, але обидва відомі своїми сильними антиоксидантними властивостями [121; 147;], може пояснити ефективність деяких ефірних олій.

Ефірні олії, у яких терпінен-4-ол є домінантною сполукою, показали варіабельні дані, що, ймовірно, також зумовлено відносними кількостями міnorних (супутніх) сполук та їхніми антагоністичними або синергічними взаємодіями.

Що стосується найбільш активних неочищених екстрактів (етанольних, метанольних та водних зразків), то загалом їхня здатність описувалася як пропорційно залежна від загального вмісту фенольних сполук. При проведенні їхнього аналізу антиоксидантна активність пов'язувалася переважно з флавоноїдами (наприклад, похідними лютеоліну) [116].

1.3.5. Екстракт *Origanum vulgare* L. як імуномодельований агент

Окрім того, варто зазначити, що останні наукові дослідження демонструють в *O. vulgare* L. потенціал імуномодулювального агента. Біологічно активні компоненти цього виду можуть впливати на продукцію прозапальних цитокінів в організмі, а також на активність макрофагів і нейтрофілів та модуляцію адаптивної імунної відповіді. Не слід заперечувати спазмолітичний, знеболювальний та седативний ефект, який є корисним при функціональних розладах шлунково-кишкового тракту або може входити до складу заспокійливих фітозасобів [81; 99; 101; 144].

В одному з досліджень використовували відлучених поросят для вивчення імунної відповіді, а також здоров'я та продуктивності тварин після введення цілісного екстракту *O. vulgare* L.. Вісімдесят тварин годували протягом 3 тижнів, а потім піддавали дії ЛПС (ліпополісахариду) [144].

Не було виявлено змін у продуктивності (споживання корму та добовий приріст маси) унаслідок додавання *O. vulgare* L., натомість спостерігалися зміни імунологічних параметрів, особливо щодо лімфоцитів [144].

Дійсно, у поросят, які отримували екстракт, спостерігався вищий рівень лімфоцитів порівняно з контролем, а також вищий рівень тригліцеридів плазми та співвідношення Т-клітин CD4⁺ і CD8⁺, незалежно від того, чи були поросята стимульовані ЛПС, чи ні [144; 145].

Однак, на відміну від інших робіт, виконаних на різних моделях [81; 98; 99; 123; 124], автори стверджували, що продукція цитокінів (TNF- α та IL-6) статистично не змінювалася під впливом годування *O. Vulgare* L. як у стимульованих ЛПС, так і в нестимульованих тварин.

Не зрозуміло, чому ці прозапальні цитокіни не зазнали модуляції під впливом *O. vulgare* L.. Імовірно, це пов'язано з використанням іншої моделі тварин або, як варіант, може бути питанням статистичної значущості.

1.3.6. Протираковий потенціал *Origanum vulgare* L. як лікарської рослини

Серед кількох добре відомих властивостей *O. vulgare* L. її протиракову активність можна вважати найменш вивченою та найбільш загадковою. Оскільки рак є другою провідною причиною смерті в розвинених країнах (ВООЗ, 2017), велике зацікавлення представляє потенційне застосування *O. vulgare* L. при цьому смертельному захворюванні [101; 106].

На сьогодні не проведено жодного клінічного випробування для вивчення протиракового потенціалу в людей (NIH), що підкреслює брак клінічних досліджень цієї рослини, хоча багато робіт аналізували її ефективність у доклінічних моделях раку з цікавими результатами.

У недавньому дослідженні вивчалася протипухлинна активність *O. vulgare* L. *ssp. viridae* (Boiss.) Hayek із використанням різних розчинників для екстракції: води, етанолу, метанолу, етилацетату та гексану [106; 107]. Автори використовували клітинну лінію HeLa й повідомили про схожі антипроліферативні ефекти (за даними моніторингу в реальному часі системою xCELLigence при концентрації екстракту *O. vulgare* L. від 50 до 250 мкг/мл) для всіх екстрактів, за винятком гексанового. Вони пов'язали ці ефекти з розмариною кислотою – основною фенольною сполукою, виявленою в інших чотирьох екстрактах [107].

В іншій роботі досліджували цитотоксичність ацетонового екстракту *O. vulgare* L. *in vitro* на клітинах HeLa за допомогою ХТТ-тесту; було встановлено значення IC₅₀ на рівні 126,3±1,00 мкг/мл, що узгоджується з результатами попереднього дослідження [78]. Крім того, на основі забарвлення клітин HeLa гематоксиліном та еозином, Hoechst 33342, акридиновим помаранчевим та пропідій йодидом, автори висловили припущення, що екстракт *O. vulgare* L. може індукувати апоптотичну загибель клітин. Це припущення базувалося на таких морфологічних змінах, як поява апоптотичних тілець, гіперконденсація хроматину,

зменшення об'єму цитоплазми та наявність клітинного дебрису (залишків клітин), хоча пряме експериментальне підтвердження цього факту було відсутнє [79].

Ще одна робота була присвячена дослідженню впливу ефірної олії *O. vulgare* L. на клітини MCF-7, HeLa, СЕМ (гострий Т-лімфобластний лейкоз), А-549 (карцинома базального епітелію альвеол людини), MDA (аденокарцинома молочної залози людини) та Сасо2 (епітеліальна колоректальна аденокарцинома) [150]. За допомогою МТТ-тесту автори оцінили вплив на виживаність ракових клітин після 72-годинної інкубації та визначили значення IC50 у діапазоні від 29,1 до 109,7 мкг/мл (29,1; 27,6; 45,8; 42,7; 47,8; 109,7 мкг/мл для клітин HeLa, СЕМ, MCF-7, А-549, MDA та Сасо2 відповідно) [97]. Отримані результати свідчать про те, що модуляція окисно-відновного (редокс) стану може впливати на життєздатність усіх протестованих ліній ракових клітин, особливо А-549, СЕМ та HeLa, підкреслюючи кореляцію між антиоксидантними та протипухлинними властивостями *O. vulgare* L. [79; 97; 150].

Цікаво, що водні трав'яні настої *Origanum vulgare* L. та інших рослин були досліджені за допомогою МТТ-тесту на предмет їхньої здатності пригнічувати ріст клітин та запальні процеси в лініях HT-29 та PC3 [105]. Автори виходили з припущення про те, що, оскільки ці натуральні продукти входять до нашого раціону, вони можуть відігравати роль у профілактиці раку. З огляду на це, у дослідженні використовували саме традиційний трав'яний настій, а не екстракти, отримані за допомогою хімічних розчинників. Було виявлено суттєве пригнічення росту обох клітинних ліній, яке залежало від часу експозиції (від 24 до 72 годин) та дози (від 0,2 до 0,6 мг/мл), що асоціювався зі зниженням рівнів ІЛ-8 (потенційний маркер запалення) [105].

Унікальна робота, присвячена використанню «зеленого» синтезу наночастинок срібла з екстракту листя *Origanum vulgare* L., показала, що ці біосинтезовані наночастинки пригнічували ріст бактерій та викликали загибель клітин лінії А-549 з розрахованою LD50 на рівні 100 мкг/мл [134]. Було протестовано діапазон концентрацій наночастинок від 10 до 500 мкг/мл, й автори

припустили наявність цитотоксичної активності як щодо патогенів людини, так і щодо ракових клітин. Безсумнівно, наночастинки можуть стати ефективною альтернативою для таргетингу ракових клітин, хоча необхідні подальші дослідження для впровадження цього підходу в клінічну практику [134].

Та ж клітинна лінія А-549 була використана для перевірки цитотоксичних властивостей *in vitro* та протизапальних властивостей *in vivo* ефірної олії *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* [98]. Вона значно знижувала проліферацію клітин А-549 після 24 годин інкубації (розраховано у відсотках для концентрацій 0,125; 0,25; 0,5; 0,75 та 1% стокового розчину ефірної олії в ДМСО), зі значенням IC₅₀ на рівні 1%. Крім того, зразок знижував мітотичний індекс та кількість хромосомних аберацій (не змінюючи тривалості фаз клітинного циклу) у тесті на клітинах *Allium cepa*, що свідчить про те, що він може виявляти не лише протипухлинну, але й хемопревентивну (профілактичну) активність [98].

У подібному дослідженні використовували клітини А-549 для оцінки цитотоксичної активності етанольного екстракту *Origanum vulgare* L. (0–250 мкг/мл) [88]. Екстракт демонстрував залежне від концентрації зниження життєздатності клітин з IC₅₀ = 14 мкг/мл. Крім того, тимол, карвакрол, п-цимен або 1-октакозанол були проаналізовані окремо або в комбінації в еквімолярних концентраціях до тих, що виявлені в зразку *Origanum vulgare* L.. Простежили меншу цитотоксичність цих комбінацій порівняно з цілісним екстрактом [88]. Це дозволяє припустити, що інші компоненти, наявні в менших концентраціях, можуть відігравати важливу роль у загальному ефекті зазначеного виду рослин.

У недавньому дослідженні оцінювали хемопревентивний (профілактичний) потенціал *O. vulgare* L. на щурах [110]. Канцерогенез молочної залози індукували шляхом внутрішньоочеревинного введення N-нітрозо-N-метилсечовини, а під час розтину оцінювали розмір пухлини та макроскопічні зміни в печінці, селезінці, нирках, шлунку, кишечнику та легенях. Через 14 тижнів ліофілізована *O. vulgare* L., дія якої була проаналізована за допомогою імуногістохімії на тканинах пухлин щурів, пригнічувала частоту виникнення пухлин на 55%,

захворюваність на пухлини на 44% та об'єм пухлин на 44% (порівняно з контрольною групою тварин) [110]. Також вона модифікувала різні маркери: апоптозу (Bcl-2), проліферації (Ki67), ангіогенезу (VEGFR2) та стовбурових клітин раку (CD24, EpCAM) [110].

Крім того, для вивчення механізму дії цього виду була використана клітинна лінія MCF-7. Виживаність клітин MCF-7, оброблених екстрактом *O. vulgare* L. (10–1000 мкг/мл), аналізували за допомогою МТТ-тесту та тесту на включення BrdU, у результаті чого було встановлено значне зниження виживаності клітин, яке залежало від дози та часу. Аналіз клітинного циклу виявив збільшення частки клітин у фазі subG0/G1 (популяція мертвих клітин) із супутнім зменшенням у фазах S та G0/G1 [110].

Також досліджувалися ефекти низьких доз ефірної олії *O. vulgare* L., яку споживали гібридні миші лінії F1 DBA C57 Black [120]. Тваринам внутрішньом'язово прищепили перещеплювану злоякісну пухлину (карциному легень Льюїса) та вводили зразок ефірної олії (0,15 мкг/мл) з питною водою протягом трьох місяців. Аналізували ступінь приживлення та розмір пухлини, а також тривалість життя тварин. *O. vulgare* L. знизила приживлення та розмір пухлини в 1,8 та 1,5 рази відповідно, а також підвищила стійкість організму до шкідливих умов (зокрема пухлинних клітин) на тлі підвищення активності антиоксидантних ферментів (до 3 разів) та зниження перекисного окислення ліпідів у тканинах печінки (до 36%) [120].

Щодо людей зауважимо, що брак досліджень перешкоджає формуванню будь-яких остаточних висновків. Дійсно, лише один опис клінічних випадків оцінював ефекти комбінованої терапії метформіном та/або препаратом Zyflamend (суміш трав'яних екстрактів, що охоплює куркуму, базилік священний, зелений чай, орегано, імбир, розмарин, коптис китайський, гірчак японський, барбарис та шоломницю) на клінічний перебіг у чотирьох пацієнтів, хворих на рак передміхурової залози [80]. Отримані дані дозволили припустити, що метформін та/або Zyflamend у якості підтримувальної терапії можуть впливати на ракові

стовбурові клітини та мікрооточення пухлини, утримуючи ракові клітини в стані спокою («сплячому» стані) [80; 101].

Підсумовуючи, зазначимо, що, незважаючи на позитивні доклінічні дані щодо використання *O. vulgare* L., особливо на моделях раку молочної залози та товстої кишки, конкретний та поглиблений аналіз протипухлинної ефективності цієї рослини в людей досі відсутній. Сподіваємося, що в майбутньому цю прогалину буде швидко заповнено.

1.3.7. Використання *Origanum vulgare* L. у різних народних медичних практиках

Origanum vulgare L. має багату історію використання в різних традиційних медичних практиках для лікування низки недуг, зокрема застуди, кашлю, шлункових захворювань та нервових розладів. Можна відзначити, що в усіх країнах, де вона росте, її використовували в лікувальних цілях із давніх часів [67]. Наприклад, у європейській медицині (Західна Європа) *Origanum vulgare* L. століттями застосовувалася в народній медицині та є однією з основних лікарських рослин у традиційних рецептах для лікування застуди, кашлю та інших респіраторних проблем [51; 70].

Кашель і застуду лікували відварами на основі *Origanum vulgare* L. [71]. Відвар *Origanum vulgare* L. традиційно використовували як відхаркувальний та антисептичний засіб для лікування застуди, кашлю та бронхіту [51]. Листя та квіти рослини заварювали в чай, що допомагало зменшити запалення горла, полегшити кашель та очистити дихальні шляхи. Цей засіб часто поєднували з іншими травами, такими як чебрець (*Thymus vulgaris*) або підбіл (мати-й-мачуха – *Tussilago farfara*), для посилення ефекту.

Origanum vulgare L. також використовувалася як заспокійливий засіб при стресі та нервових розладах [51]. У вигляді настою або чаю вона допомагала зняти напругу, покращити сон і заспокоїти нервову систему. Це зробило *Origanum vulgare* L. популярним вибором для лікування безсоння та нервових зривів у

країнах Західної Європи [54]. Також відзначалося специфічне використання різних частин рослини: надземні частини застосовували при болю, кашлі або статевій дисфункції, насіння – при інфекціях сечовивідних шляхів або розладах менструального циклу, а квітучі гілочки – зовнішньо для натирання при переломах або для лікування зубного болю [33].

У Середземномор'ї *Origanum vulgare* L. використовується як популярна пряність у кулінарії, але вона також посідає значне місце в традиційній медицині для лікування респіраторних захворювань та шлунково-кишкових проблем [51; 67]. Її продають як у вигляді «цілого» сушеного листа, так і в меленому вигляді. У медицині використовують листя та сушену траву *Origanum vulgare* L., а також її ефірну олію [74].

У таких країнах, як Італія та Греція, *Origanum vulgare* L. застосовували для лікування шлункових розладів, зокрема для полегшення симптомів дискомфорту після їжі, здуття живота та шлункових спазмів, а також для сприяння проходженню їжі через травний тракт [71]. Відвар *Origanum vulgare* L. у цих країнах вважається корисним для нормалізації апетиту та покращення травлення, особливо після важкої, жирної їжі. Окрім кулінарних та лікувальних цілей, *Origanum vulgare* L. також використовували в парфумерії або як ароматизатор для алкогольних напоїв [44].

Крім того, у цих країнах за допомогою *Origanum vulgare* L. лікували гострі респіраторні захворювання, використовуючи для полегшення симптомів застуди та кашлю, особливо коли вони супроводжувалися запаленням бронхіальних шляхів [33; 84; 43; 49; 50]. При заварюванні разом з іншими травами, такими як чебрець (*Thymus vulgaris*) або лопух (*Arctium lappa*), материнка показала себе як ефективний засіб для лікування захворювань дихальних шляхів [61].

У східній медицині (Туреччина та Близький Схід) *Origanum vulgare* L. має довгу історію використання, відому ще з часів стародавніх цивілізацій [50; 51; 52].

У давнину відвар *Origanum vulgare* L. використовували для лікування поверхневих ран [48], а також як протизапальний засіб при застуді для зменшення

запалення та болю в горлі. Відвари використовували для полоскання та лікування симптомів вірусних інфекцій верхніх дихальних шляхів [42].

Як і в Європі, у Туреччині *Origanum vulgare* L. використовували для заспокоєння нервової системи. Її вживали у вигляді відвару або чаю для зняття стресу, тривоги та нормалізації сну. Відомо, що вона позитивно впливала на розлади сну, зменшувала тривожність і напругу, забезпечуючи таким чином спокійний, безперервний сон [52; 63; 30].

У традиційній індійській медицині (Аюрведа) *Origanum vulgare* L. також була визнана, хоча й менш поширена за своєю природою, ніж деякі інші рослини. Проте в цій культурі її використовували для полегшення симптомів застуди та нервових розладів [37, 72].

В Індії *Origanum vulgare* L. входила до складу різних трав'яних сумішей для лікування застуди та кашлю [72]. Традиційно її використовували у вигляді порошку або відвару, який вживали для полегшення дихання при респіраторних захворюваннях та зменшення симптомів бронхіту, сухого або вологого кашлю [37].

1.4. Значення *Origanum vulgare* L. у кулінарії. Її застосування в національних кухнях світу

1.4.1. Походження *Origanum vulgare* L. як спеції, її використання в кулінарії

Середземноморські кулінарні трави, такі як петрушка (*Petroselinum crispum*), коріандр (*Coriandrum sativum*), чебрець (*Thymus vulgaris*), м'ята (*Mentha*), орегано (*Origanum vulgare*), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), шавлія (*Salvia officinalis*), використовуються в усьому світі у високій кухні та при щоденному домашньому приготуванні їжі [75; 76; 155].

Спроба з'ясувати природу їхньої унікальності неминуче звертає увагу на такі факти про Середземномор'я, як те, що середземноморські ароматичні трави походять із дуже багатого рослинного різноманіття, окрім того,

середземноморський ландшафт дуже багатогранний та охоплює високі гірські хребти, ліси, лісисті та чагарникові угіддя, водно-болотні угіддя, узбережжя приблизно 46 000 км² та тисячі островів й острівців [75; 76; 155].

Середземномор'я у світовому масштабі визнане одним із 25 найбагатших регіонів в аспекті біорізноманіття [76; 77]. Утворюючи лише 1,6% поверхні Землі, Середземномор'я є домівкою для близько 10% усіх відомих рослин, тобто понад 30 000 видів, половина з яких не росте більше ніде у світі [156].

Кліматичні умови Середземномор'я підсилюють аромат і смакові властивості ароматичних рослин. Для середземноморського клімату характерні м'які вологі зими та тепле або спекотне сухе літо, причому три чверті річної кількості опадів припадає на період від пізньої осені до весни [139].

Origanum vulgare L. як приправа має злегка гіркий, пікантний, гострий смак. Цей гострий смак простежується у землистих, зелених, сінних та м'ятних нотках. Материнка схожа на майоран, але не така солодка. Це насичена трава, яка матиме різкий ефект у будь-якому рецепті [157].

Origanum vulgare L. використовується здебільшого у турецькій, грецькій, іспанській, італійській, мексиканській, латиноамериканській та французькій кухнях [156].

Використовуючи *Origanum vulgare* L. у кулінарії, зазначимо, що вона добре поєднується з артишоками (*Cynara cardunculus*), квасолею (*Phaseolus vulgaris*), болгарським перцем (*Capsicum annuum*), капустою (*Brassica oleracea*), цвітною капустою (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), кукурудзою (*Zea mays*), куркою, баклажанами (*Solanum melongena*), яйцями, рибою, м'ясом, зокрема бараниною, піцою, свининою, картоплею (*Solanum tuberosum*), солодким перцем (*Capsicum annuum*), гарбузом (*Cucurbita*), помідорами (*Solanum lycopersicum*) та кабачками (*Cucurbita pepo*). Вона також добре поєднується з іншими спеціями: базиліком (*Ocimum basilicum*), кмином (*Carum carvi*), часником (*Allium sativum*), петрушкою (*Petroselinum crispum*), розмарином (*Rosmarinus officinalis*), шавлією (*Salvia officinalis*) та чебрецем (*Thymus vulgaris*) [155; 156].

Використовуючи сушений *Origanum vulgare* L., слід акуратно розминати його в руці, щоб вивільнити ефірні олії та аромат [156].

У ключі молекулярної гастрономії зауважимо, що успішне поєднання *Origanum vulgare* L. базується на спільних ароматичних сполуках, наприклад із м'ясом (баранина, свинина), оскільки жири є чудовими розчинниками для гідрофобних сполук ефірної олії, що дозволяє аромату рівномірно розподілятися в страві [157]. Карвакрол допомагає маскувати специфічні запахи баранячого жиру. Також *Origanum vulgare* L. застосовують з овочами, особливо ефективна комбінація з пасльоновими (баклажани, томати, перець) [156].

Стосовно термічної обробки додамо, що, на відміну від ніжних трав (базилік, петрушка), *Origanum vulgare* L. (особливо сушена) є термостійкою [155; 156]. Її рекомендується додавати на початку приготування соусів та рагу, щоб забезпечити екстракцію смакових речовин, або за 10–15 хвилин до кінця для збереження верхніх ароматичних нот [157].

У багатьох кулінарних книгах світу можна знайти рецепти страв із використанням *Origanum vulgare* L., наприклад, «Морська сіль і мед: нова грецька кулінарна книга», «Грецька повільна плита: прості та смачні рецепти із серця Середземномор'я», «Веганські рецепти з Іспанії», «Оливки та апельсини: рецепти та секрети смаку з Італії, Іспанії, Кіпру та не тільки», «За моїм італійським столом: сімейні рецепти від моєї кухні до вашої», «50 найкращих рецептів піци», «Вечеря по-французьки: мої рецепти», «Найкращий мексиканський рецепт» [155; 156].

Слід зазначити, що *Origanum vulgare* L. безпечно вживати в невеликих кількостях, що містяться в готових стравах, це навіть корисно під час вагітності та лактації. Однак *Origanum vulgare* L. або її ефірна олія є концентрованою і не рекомендується до вживання під час вагітності [157].

Ефірну олію *Origanum vulgare* L. не слід використовувати для внутрішнього вживання без попередньої обробки. Готові продукти з олії *Origanum vulgare* L. широко доступні у форматі капсул, які випускаються у відміряних дозах та попередньо змішані з правильним балансом летких олій та олій-носіїв [157].

Ефірні олії *Origanum vulgare* L. не слід вживати в чистому вигляді або розчиняти у воді. Вони повинні бути у вигляді спеціальних емульсій, які можна придбати [157]. Окрім того, вживання олій, виготовлених з *Origanum vulgare* L., може знизити засвоєння міді, заліза та цинку з раціону. Тому, якщо є відносний дефіцит будь-якого з цих елементів, рекомендується вживати *Origanum vulgare* L. принаймні за 2 години до або після прийому вказаної біодобавки цих речовин [155].

Вживання олій *Origanum vulgare* L. разом із ліками, які також уповільнюють згортання крові, може збільшити ризик появи синців та кровотеч. *Origanum vulgare* L. також може взаємодіяти з ліками від діабету, тому *Origanum vulgare* L. часто використовується перш за все як спеція, а не як олія в кулінарії [156].

Окрім надання смаку, *Origanum vulgare* L. виконує важливі технологічні функції, виступаючи природним консервантом. Для забезпечення максимального збереження ароматичних властивостей сировина *O. vulgare* L. піддається специфічній обробці [155].

Свіжа трава містить близько 80% вологи. Для отримання спеції її висушують до вологості 8–10%. Критично важливим є температурний режим [158]. Сушіння при температурах вище 40°C призводить до значних втрат летких компонентів ефірної олії. Найкращим методом для збереження органолептичних якостей є ліофільна сушка (freeze-drying), хоча конвективне сушіння в затінку залишається найбільш економічно виправданим [155; 156].

Ступінь подрібнення впливає на швидкість вивільнення аромату. Дрібно мелена *Origanum vulgare* L. швидше віддає аромат, але менш стійка до окислення під час зберігання. Листова фракція (*rubbed oregano*) краще зберігає леткі речовини в закритій тарі [155; 157].

1.4.2. Використання *Origanum vulgare* L. у національних кухнях різних країн світу

Origanum vulgare L. відома як приправа до піци, але в Італії його також використовують як спецію для ароматизації риби, різного виду пасти та овочевих

страв, наприклад запіканок чи салатів [155]. *Origanum vulgare* L. дуже популярна на півдні країни, де її використовують у свіжому або (частіше) сушеному вигляді для приготування томатних соусів та запікання м'яса [155].

Origanum vulgare L. є дуже популярним елементом у кухнях Греції та Туреччини, де використовується переважно в сушеному та подрібненому вигляді як спеція для ароматизації м'яса, салатів, риби та морепродуктів, а також різноманітних овочевих страв, страв із рису та для приготування соусів [155; 156].

На Криті *Origanum vulgare* L. також використовують для надання смаку традиційним ячмінним сухарям (паксімаді) [157].

У Марокко *Origanum vulgare* L. (переважно *O. compactum*, а також *O. elongatum*) використовують як приправу для страв та для консервування місцевих харчових продуктів, таких як топлоне масло та оливки [157]. У Лівані види роду *Origanum* використовують для ароматизації (та консервування) традиційного свіжого сиру шанкліш.

Origanum vulgare L. у країнах узбережжя Леванту є основним інгредієнтом відомої суміші спецій затар [155]. Цей вид також використовується при приготуванні манакішу [155] – популярної левантійської пікантної випічки, відомої також як «ліванська піца». Бедуїни в Ізраїлі використовують сухе подрібнене листя *Origanum vulgare* L. та місцевих пустельних видів *O. dayi* і *O. isthmicum* як суху приправу до хліба.

У Португалії *Origanum vulgare* L. застосовують при приготуванні салату з помідорів, варених равликів, а також при консервуванні оливок [156].

Кілька видів *Origanum* використовуються як трав'яні чаї, наприклад, *O. vulgare* (subsp. *hirtum*, subsp. *vulgare*, subsp. *glandulosum*), *O. onites*, *O. minutiflorum* та *O. rotundifolium* [155]. *O. dictamnus* (діттані) є популярним трав'яним чаєм на Криті, а також використовується для ароматизації м'яса дикої кози [155; 156]. *O. majorana* використовується на Кіпрі як трав'яний чай [157], а також як кулінарний орегано.

1.5. Фізико-географічні характеристики території дослідження

1.5.1. Кліматичні та географічно-геологічні особливості регіону Передкарпаття та Івано-Франківської області

Під терміном «Передкарпаття» розуміють регіон із вираженою історико-географічною та етнокультурною специфікою. Його територія охоплює передгірні зони Львівської, Чернівецької та Івано-Франківської областей [158]. В етнокультурному вимірі до складу регіону належать Опілля, Покуття та частини таких історичних земель, як Гуцульщина, Бойківщина і Лемківщина [158; 159]. Межі Передкарпаття показані на рис. 1.5.1.

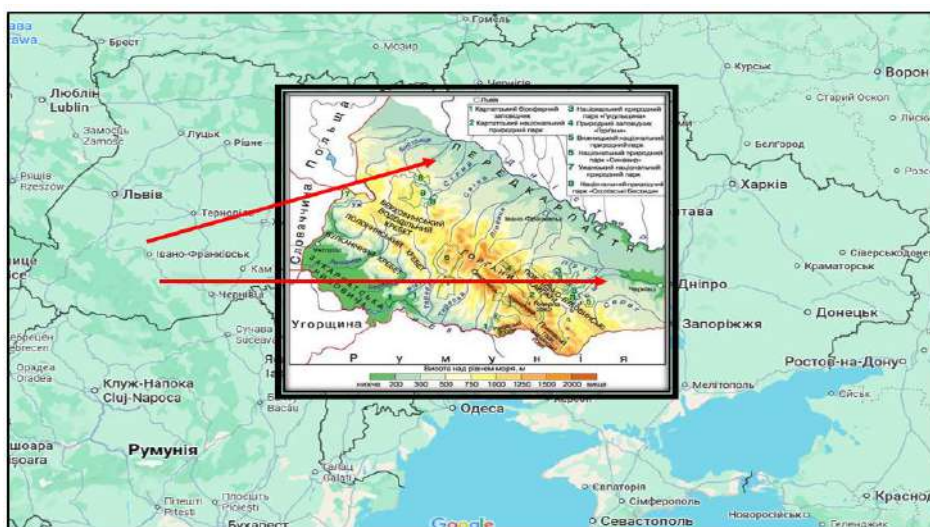


Рис. 1.5.1. Межі Передкарпаття на карті України

Географічне окреслення регіону базується на річковій мережі: північно-східний бар'єр формують річища Верещиці та Дністра, тоді як південна межа збігається з головним карпатським вододілом, що розмежовує басейни Тиси та Дністра і Вісли [162].

Якщо зупинитись окремо на кожній області, слід визначити їхні особливості як регіонів. Львівська область, що займає площу 21,8 тис. км², характеризується

значною меридіональною протяжністю у 250 км, що зумовлює виражене ландшафтне різноманіття її території [158; 162].

Тут спостерігається перехід від поліських низовин із хвойними лісами та болотами на півночі до лісостепових височин у центрі та гірських карпатських районів на півдні. Важливою фізико-географічною рисою регіону є проходження головного європейського вододілу, який розмежовує басейни Балтійського і Чорного морів та дає початок двом великим водним артеріям Центрально-Східної Європи – Західному Бугу та Дністру [159; 160].

Рельєф області закономірно змінюється з півночі на південь: від пологохвилястої Буго-Стирської рівнини через горбисті пасма Розточчя та Опілля на Подільській височині до гірських масивів Українських Карпат, абсолютні висоти яких сягають 1405 м [162].

Івано-Франківська область, будучи розташованою вздовж орографічної осі Українських Карпат, простягається з північного заходу на південний схід і межує з Львівською, Тернопільською, Чернівецькою та Закарпатською областями, а на півдні має спільний кордон із Румунією [158; 159].

Це один із найбільш високогірних регіонів України, де гірські ландшафти, зокрема масиви Чорногора, Горгани, Гриняви та Чивчини, охоплюють близько 43% території [160]. У будові рельєфної поверхні області чітко виділяються три частини: рівнинна на північному сході в долині Дністра, де розташований обласний центр; передгірська, що являє собою горбисту височину з відмітками 400–600 м; та гірська зона Східних Карпат, де на межі із Закарпаттям розташована найвища точка України, а саме гора Говерла (2061 м) [160].

Чернівецька область площею 8,1 тис. км² також характеризується чіткою природною зональністю [160]. Її територія послідовно поділяється на три частини: лісостепову зону, що охоплює Прут-Дністровське межиріччя, передгірську смугу, розташовану між річкою Прут і Карпатами, та гірську зону, представлену ландшафтами Буковинських Карпат [160].

Сучасні кліматичні умови Передкарпаття класифікуються як помірно теплі з надлишковим рівнем зволоження, проте їхній просторовий розподіл суттєво модифікується орографічним чинником. У регіоні простежується чітка висотна зональність: конфігурація ізотерм здебільшого корелює з розташуванням ізогіпс, а вертикальний температурний градієнт становить зниження на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 м набору висоти [1673; 164].

У зимовий період зі збільшенням абсолютної висоти зростає тривалість періоду з від'ємним радіаційним балансом. За даними моніторингу зимового сезону (грудень-лютий) 2024 року, середній температурний фон у Передкарпатті становив $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому мінімальні зафіксовані температури знижувалися до -4 та $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [163; 164].

Зміна синоптичних процесів на весняні розпочинається в березні, коли радіаційний режим стає додатним. Фенологічна весна, яку фіксують за стійким переходом середньодобової температури через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, у Передкарпатті настає на початку березня, тоді як у гірських районах цей процес зміщується на середину березня – початок квітня [163; 164].

Ключові агрокліматичні етапи розгортаються в такій послідовності: спочатку відбувається початок вегетації, перехід через $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [163]. Цей поріг, важливий для озимих культур та деревних порід, у Передкарпатті долається орієнтовно 1 квітня. Наступна стадія – активна вегетація, перехід через $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Період інтенсивного розвитку більшості сільськогосподарських культур у Передкарпатті стартує наприкінці квітня [163].

Тривалість періоду активної вегетації в регіоні становить 165 днів і завершується близько 10 жовтня. За цей час накопичується сума активних температур у діапазоні $22\text{--}28^{\circ}\text{C}$, що є визначальним фактором для розвитку рослинного покриву. Максимальні середньомісячні температури літнього сезону досягають $+18\text{...}+19^{\circ}\text{C}$ [163]. Осіннє зниження теплозабезпечення відбувається поступово протягом жовтня, змінюючись різким спадом температур у листопаді [164].

Режим вологозабезпечення регіону Передкарпаття характеризується підвищеною відносною вологістю повітря, середньорічний показник якої наближається до 80%. У сезонній динаміці максимум вологонасичення (80–89%) припадає на зимовий період, тоді як улітку цей рівень дещо знижується до 77%. Весняний період є найсухішим в межах Передкарпаття вологість повітря не опускається нижче 60% [163; 164].

Просторовий розподіл атмосферних опадів чітко корелює з висотною зональністю. Рівнинні території Передкарпаття (абсолютні висоти 150–250 м) отримують помірну кількість вологи, 600–700 мм на рік. У смузі високих передгір'їв (300–560 м) річна сума опадів зростає до 800 мм. На північно-східних (підвітряних) схилах зафіксовано вертикальний градієнт приросту опадів у розмірі 69 мм на кожні 100 м підйому [163].

Локальний розподіл вологи суттєво залежить від форм рельєфу: замкнуті улоговини характеризуються меншою кількістю опадів порівняно з височинами. Зокрема, у Станіславській улоговині випадає 500–600 мм, тоді як на Дрогобицькій височині - 800 мм. У смт Верховина, що розташоване у високогірній улоговині на північно-східному схилі, річна кількість опадів не перевищує 740 мм [164].

Річний хід опадів є однотипним: основна їхня частина (70–80%) випадає протягом теплого періоду, переважно у вигляді злив. Період максимального зволоження охоплює літні місяці (червень, липень, серпень), причому кліматичний пік опадів безпосередньо в Передкарпатті та на північно-східних схилах фіксується в липні [163].

Екологічні умови Передкарпаття ускладнюються гірничодобувною і хімічною промисловістю та магістральними нафто- і газопроводами [161].

Історичне поєднання сприятливих кліматичних умов та тривалого антропогенного тиску призвело до масштабної трансформації ландшафтів: через вирубування лісів та розорювання схилів суттєво розширилися площі агроценозів [161]. До сільськогосподарського використання масово залучалися малопродуктивні та екологічно вразливі ділянки (схили, пасовища, рекультивовані

землі). При цьому часто ігнорувалися лімітні фактори: специфіка рельєфу, протиерозійна стійкість ґрунту та загальна екологічна стабільність ландшафту [161].

Критичною помилкою такого землекористування стала недооцінка водорегулювальної функції лісових ґрунтів. Саме лісові екосистеми забезпечують переведення поверхневого стоку у внутрішньо ґрунтовий та підземний, що є природним механізмом стримування ерозійних процесів [161].

На цей час більше половини території використовується як сільськогосподарські угіддя, площа яких у регіоні сягає понад 59%. Природної рослинності збереглося відносно мало. Показник лісистості в регіоні є значно нижчим від оптимальної його величини і становить близько 30% [158]. З еколого-захисних позицій їхня площа мала б сягати 35–37%. Це призвело до формування ряду негативних екологічних наслідків, серед яких першочерговими виступають деградаційні процеси ґрунтового покриву, зокрема ерозія земель, зсуви, руйнування річкових берегів та інші шкідливі явища [161].

1.5.2. Дендрологічний парк загальнодержавного значення «Дружба»: клімат, рельєф, ґрунтовий покрив та рослинність

Дендрологічний парк загальнодержавного значення «Дружба» перебуває в підпорядкуванні Карпатського національного університету імені Василя Стефаника. Парк розташований на Калуському шосе, а саме на схилах однієї з балок у північно-західній частині Івано-Франківська, неподалік від урочища Дем'янів Лаз та річки Бистриця Солотвинська. Загальна площа об'єкта сягає 10,4 га, з яких 1,2 га відведено під водні об'єкти [165].

Історія парку розпочалася в 1970 році, коли З. Ю. Павлик заснував його як навчально-дослідну ділянку, що належала педагогічному інституту. У 1976 році рішенням виконкому обласної ради об'єкт отримав статус парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва республіканського значення та назву «Дружба» [166]. Цей

статус був юридично підтверджений постановою Держкомітету охорони природи у 1980 році.

Уже 22 липня 1983 року Рада Міністрів УРСР надала дендропарку статус об'єкта загальнодержавного значення. У 1990 році парку було присвоєно ім'я його засновника Зіновія Павлика. Остаточне юридичне закріплення статусу відбулося у 1992 році за рішенням Верховної Ради [165; 166]. Сьогодні дендропарк є частиною структури ДВНЗ «Карпатський національний університет імені Василя Стефаника».

Ділянка парку має форму трапеції завширшки 140 м, а її довгі сторони (360–380 м) простягаються в північно-східному напрямку [166]. Загальна площа території становить 10,4 га, із яких 1,2 га припадає на ставки (рис. 1.5.2.1).

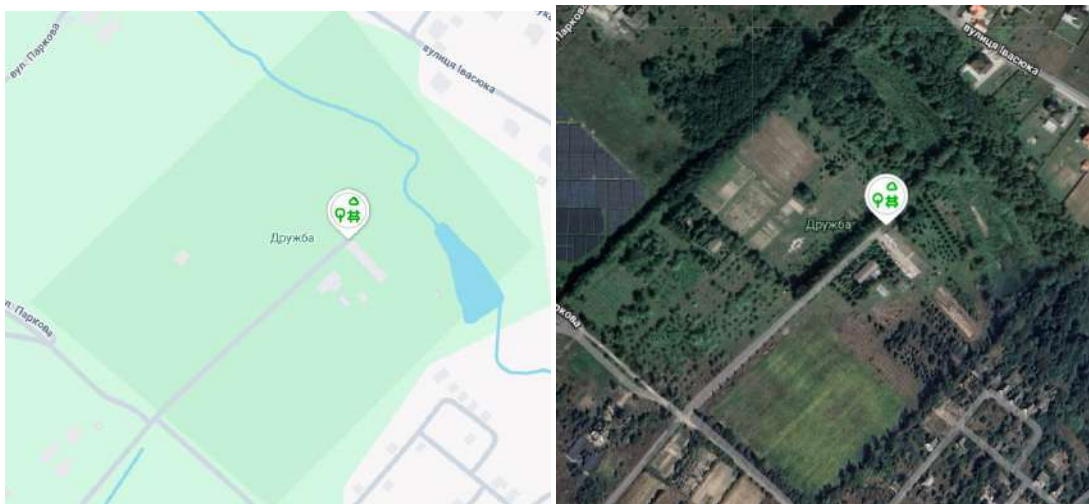


Рис. 1.5.2.1. Ділянка дендрологічного парку «Дружба» на карті та її знімок із супутника

Парк функціонує як постійна база для навчальних практик та наукових досліджень. Він є важливим осередком наукової та освітньої діяльності у сферах ботаніки, рослинництва та природоохорони. З емблемою парку можна ознайомитися на рис. 1.5.2.2 [166].



Рис. 1.5.2.2. Емблема дендрологічного парку «Дружба»

«Дружба» відіграє важливу роль у збереженні генофонду декоративних та лікарських рослин, окрім того, бере участь у відновленні рослинних ресурсів України та у вивченні раціонального використання природних ресурсів [167; 168].

Щодо рельєфу, то він належить до ерозійно-денудаційно-аккумулятивного типу. Його формування відбувалося під впливом ендегенних та екзогенних процесів, а також тривалої людської діяльності. Абсолютні висоти території коливаються в межах від 275–280 м у низинах до 290–305 м у найвищих точках. Схил має північно-східну експозицію, довжину 350 м і середню крутизну 3–5°. Його поперечний профіль прямий, а нижня частина різко обривається до тальвегу. При цьому більшу частину території займають ділянки з ухилом до 1° [164].

Дендропарк розташований у зоні помірно континентального клімату. Зимовий період тут м'який, характеризується частими відлигами, а середня температура січня становить $-5...-6^{\circ}\text{C}$. Весняне потепління починається з березня (температура зростає на $4-5^{\circ}\text{C}$ щомісяця), улітку темпи потепління сповільнюються до $1-2^{\circ}\text{C}$. Липень є найтеплішим місяцем із середнім показником $+18...+19^{\circ}\text{C}$ [164].

Стійкий перехід до від'ємних температур відбувається у другій-третій декаді листопада. Період із позитивними температурами триває 240–260 днів, а сума

активних температур сягає 1500–1700°C на рік. Кількість днів із середньодобовою температурою вище +15°C становить 90–100 [163].

Річна кількість опадів коливається в межах 570–800 мм. При цьому на холодний сезон (листопад-березень) припадає лише чверть річної норми (близько 140 мм). Основна маса опадів випадає в теплий період, досягаючи максимуму в червні-липні (90–110 мм на місяць), що стимулює розвиток ерозії [160].

Основними ґрунтотворними породами на території парку є лесовидні суглинки та алювіально-делювіальні відклади (у тальвезі балки). Лесовидні суглинки, що вкривають плато й схили, мають палево-жовтий колір, пухку структуру та горизонтальну шаруватість. Для них характерна оглеєність та наявність плям оксидів заліза й алюмінію (іржавих, червоних, сизуватих) [165].

Алювіально-делювіальні відклади – це продукти змиву, що складаються з кварцового піску, гравію та згладжених уламків. Вони мають сірувато-бурий колір, помірну шаруватість та вкраплення оксидів заліза і марганцю [165].

Рослинність парку представлена лучними та лісостеповими угрупованнями. Травостой складається з бобових (конюшина (*Trifolium*), люцерна (*Medicago*)), злакових (райграс (*Lolium*), костриця лучна (*Festuca pratensis*), очерет (*Phragmites*)) та різнотрав'я (подорожник (*Plantago*), деревій (*Achillea*), м'ята (*Mentha*), звіробій (*Hypericum*), щавель (*Rumex*)). Деревна рослинність охоплює дуб (*Quercus*), граб (*Carpinus*), клен (*Acer*), осику (*Populus tremula*), вільху (*Alnus*). У вологих низинах ростуть верба (*Salix*) та вільха чорна (*Alnus glutinosa*). На розораних ділянках поширені бур'яни: пирій (*Elymus repens*), лобода (*Chenopodium*), осот (*Cirsium*), волошка (*Centaurea*) [168].

На основі природних умов Передкарпаття на території дендропарку було створено спеціальні полігони для наукової та навчальної діяльності. Тут студенти проходять практику з геодезії, ботаніки, ґрунтознавства та селекції, а зібрані ними зразки ґрунтових монолітів використовуються як експонати в аудиторії «Агрохімії і ґрунтознавства» [165].

На поверхнево-оглеєних дерново-підзолистих ґрунтах парку культивуються 204 таксони рослин: 49 голонасінних та 155 покритонасінних. Колекція містить такі рідкісні види, як гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba*), метасеквоя гліптостробоподібна (*Metasequoia glyptostroboides*), мікробіота перехреснопарна (*Microbiota decussata*), магнолія кобус (*Magnolia kobus*), тюльпанове дерево (*Liriodendron tulipifera*), церцис канадський (*Cercis canadensis*) та гледичія Ферокс (*Gleditsia ferox*). Естетичного вигляду парку надають квітучі кущі (чубушник (*Philadelphus*), дейція (*Deutzia*), вейгела (*Weigela*), форзиція (*Forsythia*), гортензія (*Hydrangea*), жимолость (*Lonicera*), золотий дощ анагіролистий (*Laburnum anagyroides*)) та декоративно-листяні форми, зокрема пурпуристі буки (*Fagus sylvatica f. purpurea*), сливи (*Prunus*) й барбариси (*Berberis*) [165].

Колекція трав'янистих рослин відкритого ґрунту налічує понад 300 видів (як місцевих, так й інтродукованих) та близько 250 сортів. Вона поділяється на такі групи: лікарські рослини та сільськогосподарські культури [165; 166].

Тут наявна одна з найбільших колекцій лікарських рослин в Україні, що містить понад 180 видів. Серед цінних екземплярів: гісоп (*Hyssopus officinalis*), лаванда (*Lavandula*), меліса (*Melissa officinalis*), сальвія (шавлія) (*Salvia officinalis*), арніка (*Arnica montana*), ехінацея (*Echinacea purpurea*), родіола (*Rhodiola rosea*). Рослини класифіковано за лікувальними властивостями (серцево-судинні, шлункові, легеневі, ниркові захворювання тощо) [166].

Генофонд сільськогосподарських культур становить понад 80 видів і 200 сортів. Сюди входять зернові, зокрема давні культури: пшениця полба (*Triticum dicoccum*), чумиза (*Setaria italica* subsp. *italica*) та італійський могар (*Setaria italica* subsp. *moharium*), зернобобові й технічні рослини [166; 167].

Медоносні рослини представлені різними видами конюшини (заяча (*Anthyllis vulneraria*), панонська (*Trifolium pannonicum*), червона (*Trifolium pratense*)), сераделою посівною (*Ornithopus sativus*), огірочником лікарським (*Borago officinalis*), ярим ріпаком (*Brassica napus*) та фацелією пижмолистою (*Phacelia tanacetifolia*) [168].

Кормові культури парку поділяються на багаторічні (райграс високий (*Arrhenatherum elatius*), лисохвіст лучний (*Alopecurus pratensis*), лядвенець рогатий (*Lotus corniculatus*), люцерна синя (*Medicago sativa*), вико-вівсяна суміш (*Vicia sativa* та *Avena sativa*)) та однорічні (райграс однорічний (*Lolium multiflorum*), соняшник (*Helianthus annuus*), кукурудза (*Zea mays*), гарбузи (*Cucurbita*)) [168].

Дендропарк є базою для досліджень кафедри агрохімії і ґрунтознавства. Науковці вивчають продуктивність трав, займаються селекцією та розробкою енергоощадних технологій вирощування культур. Вагомим результатом цієї роботи стало створення нових сортів, внесених до Державного реєстру України:

- у 2006 році – сорт гірчиці сизої «Бистриця»;
- у 2010 році – сорт тимофіївки лучної «Пасічнянська» [168].

1.6. Підсумки аналізу літературних джерел

Origanum vulgare L. (материнка звичайна) – поліморфний багаторічний вид родини *Lamiaceae*, що характеризується широким ареалом поширення (Євразія, Середземномор'я) та високою екологічною пластичністю. Вид має складну внутрішньовидову структуру, що охоплює шість підвидів, які різняться морфологічними ознаками (опушення, розмір квіток) та хімічним складом. Рослина має потужну стрижневу кореневу систему, чотиригранні прямостоячі стебла та залозисті трихоми, що є місцем накопичення ефірних олій.

Основною групою біологічно активних речовин *Origanum vulgare* L. є ефірні олії, що складаються переважно з монотерпенів та сесквітерпенів. Виділяють різні хемотипи рослини, серед яких найбільш цінним вважається «орегано-профіль» з домінуванням фенольних сполук – карвакролу та тимолу, які забезпечують виражену антимікробну та антиоксидантну дію. Окрім летких сполук, фітокомплекс містить фенольні кислоти (зокрема розмаринову – потужний антиоксидант), тритерпенові кислоти (урсолову, олеанолову), флавоноїди, вітаміни та мінеральні елементи, вміст яких корелює зі складом ефірної олії.

Біохімічний склад *Origanum vulgare* L. є динамічним і залежить від фази онтогенезу. Встановлено, що пік накопичення ефірної олії та кисневмісних сполук припадає на фазу повного цвітіння, тоді як у період плодоношення вміст олії різко знижується, а її якісний склад деградує. Це визначає фазу масового цвітіння як оптимальний термін для збирання врожаю з метою отримання високоякісної сировини.

Продуктивність культури та вихід вторинних метаболітів критично залежать від абіотичних факторів та агротехнологій. Доведено, що помірний водний стрес може стимулювати накопичення ефірної олії як адаптивну реакцію рослини. Використання органічних систем удобрення (наприклад, збагачених субстратів), порівняно з мінеральними, сприяє формуванню сировини з вищими органолептичними властивостями та вмістом біоактивних сполук.

Origanum vulgare L. є перспективним джерелом біоактивних природних продуктів (ефірної олії, екстрактів або чистих сполук). Численні доклінічні (*in vitro* та *in vivo*) дослідження задокументували потенціал *Origanum vulgare* L. як захисного засобу при хронічних дегенеративних та інфекційних захворюваннях завдяки протираковій, протизапальній, антиоксидантній та антимікробній активності її біоактивних фітохімічних сполук.

Загалом екстракти та ефірна олія видаються більш ефективними, ніж чисті сполуки, можливо, через синергічні та/або адитивні взаємодії між різними компонентами. Однак, обмежена кількість досліджень за участю людей є суттєвим недоліком у сфері вивчення *Origanum vulgare* L.. Крім того, наші знання про пероральну біодоступність фітохімічних речовин і продуктів з *Origanum vulgare* L., а також про їхню безпеку, побічні та небажані ефекти, токсикологічні ризики та взаємодію з фармацевтичними препаратами все ще залишаються недостатніми.

Варто зазначити, що використання продуктів з *Origanum vulgare* L. в ад'ювантній терапії в поєднанні з традиційними протираковими та антимікробними препаратами є дуже перспективним підходом для зниження імовірності виникнення хіміорезистентності ракових клітин або мікроорганізмів.

Як відомо, деякі фітокомпоненти здатні знижувати множинну лікарську стійкість шляхом пригнічення ефлюкських pomp у клітинах-мішенях, підвищуючи в такий спосіб ефективність хіміотерапевтичних засобів та антибіотиків.

Не менш важливо, що фармакологічна активність фітотерапевтичних засобів з *Origanum vulgare* L. може бути додатково посилена шляхом розробки інноваційних наноформуляцій для покращення доставки та контрольованого вивільнення біоактивних фітохімічних речовин.

Ефективність використання *Origanum vulgare* L. у кулінарії базується на ліпофільності її ароматичних сполук. Жири (особливо тваринного походження) виступають розчинниками для гідрофобних компонентів ефірної олії, що забезпечує рівномірний розподіл аромату. Зокрема, карвакрол здатен маскувати специфічні запахи баранячого жиру. На відміну від багатьох інших пряних трав, *Origanum vulgare* L. демонструє високу термостійкість, що дозволяє використовувати її на початку термічної обробки.

Origanum vulgare L. є ключовим елементом національних кухонь Середземноморського басейну (Італія, Греція, Туреччина), Леванту та Латинської Америки. Окрім функції смакової добавки (у складі страв піци, пасти, салатів), рослина тривалий час відіграє роль природного консерванту для подовження терміну зберігання продуктів (сирів, олив, топленого масла) завдяки своїм антимікробним та антиоксидантним властивостям. Вона також є основою традиційних сумішей спецій, наприклад затару.

Критичним фактором збереження якості прянощів є температурний режим сушіння. Обробка при температурах вище 40°C призводить до втрати летких компонентів. Оптимальним методом вважається ліофільна сушка, а найбільш економічно виправданим – конвективне сушіння в затінку. Ступінь подрібнення сировини корелює зі швидкістю вивільнення аромату та терміном зберігання: листові фракції є більш стійкою до окислення, ніж мелена.

Попри широке застосування, вживання концентрованих форм (ефірних олій) *Origanum vulgare* L. потребує обережності через потенційну взаємодію з

лікарськими засобами (антикоагулянтами, препаратами від діабету) та вплив на засвоєння мікроелементів (заліза, цинку). Застосування у вигляді звичайної спеції в стравах вважається безпечним, зокрема під час вагітності, тоді як ефірні олії в цей період не рекомендовані.

На вітчизняному ринку *Origanum vulgare* L. представлена широко та доступна споживачам як у вигляді моноспеції (сушене подрібнене листя та суцвіття), так і в складі популярних пряних сумішей («Італійські трави», «Прованські трави» тощо), де її частка становить від 15% до 60%. Продукція представлена численними українськими брендами.

Передкарпаття – унікальний історико-географічний та етнокультурний регіон, що охоплює передгірні зони Львівської, Чернівецької та Івано-Франківської областей. Його природна специфіка визначається складним поєднанням рівнинних, височинних і гірських ландшафтів, межі яких окреслені річковими системами Дністра, Прута та головним карпатським вододілом. Кліматичні умови території характеризуються як помірно теплі з надмірним зволоженням, проте вони зазнають суттєвих змін під впливом орографічного чинника. У регіоні чітко простежується висотна зональність: зі збільшенням абсолютної висоти відбувається закономірне зниження температур та зростання кількості опадів, яка в передгір'ях сягає 800 мм на рік. Тривалий вегетаційний період, що становить близько 165 днів, та накопичення достатньої суми активних температур створюють сприятливі передумови для розвитку різноманітних рослинних угруповань.

Водночас екологічна ситуація в Передкарпатті є напруженою внаслідок тривалого антропогенного тиску. Історичний розвиток гірничодобувної промисловості, розширення площ агроценозів через вирубування лісів та розорювання схилів призвели до масштабної трансформації ландшафтів. Нині показник лісистості регіону становить близько 30%, що є нижчим за екологічно оптимальний рівень у 35–37%. Такий дисбаланс, посилений ігноруванням водорегулювальної ролі лісових екосистем, спровокував активізацію деградаційних процесів, зокрема ерозії ґрунтів та зсувів.

Важливим осередком збереження біорізноманіття та наукових досліджень у цьому контексті виступає дендрологічний парк загальнодержавного значення «Дружба», підпорядкований Карпатському національному університету імені Василя Стефаника. Розташований в Івано-Франківську на площі 10,4 га, парк поєднує природоохоронні, освітні та селекційні функції. Його територія, що охоплює схили балки з лесовидними суглинками, є репрезентативною для вивчення ерозійно-денудаційних процесів та інтродукції рослин. На базі парку сформовано унікальні колекції, що налічують 204 таксони деревно-чагарникових порід, серед яких є реліктові види, такі як гінкго дволопатеве та метасеквоя. Особливу цінність становить одна з найбільших в Україні колекцій лікарських рослин, що містить понад 180 видів, а також значний генофонд сільськогосподарських культур. Наукова робота, яку проводять у парку, має не лише теоретичне, а й практичне значення, результатом якого стало створення та державна реєстрація нових сортів рослин, зокрема гірчиці та тимофіївки. Таким чином, Передкарпаття, попри екологічні ризики, зберігає значний природний потенціал, а такі об'єкти як дендропарк «Дружба» відіграють ключову роль у його збереженні та раціональному використанні.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Умови проведення досліджень

Дослідження виконувалися в природно-кліматичних умовах Передкарпатського регіону, а саме Івано-Франківської області, упродовж 2023–2026 років. Експериментальні роботи проводилися на двох дослідних ділянках: на території дендрологічного парку «Дружба» загальнодержавного значення Карпатського національного університету імені Василя Стефаника (м. Івано-Франківськ, Івано-Франківський район, Івано-Франківська область) та на приватній земельній ділянці в межах м. Тлумач Івано-Франківського району.

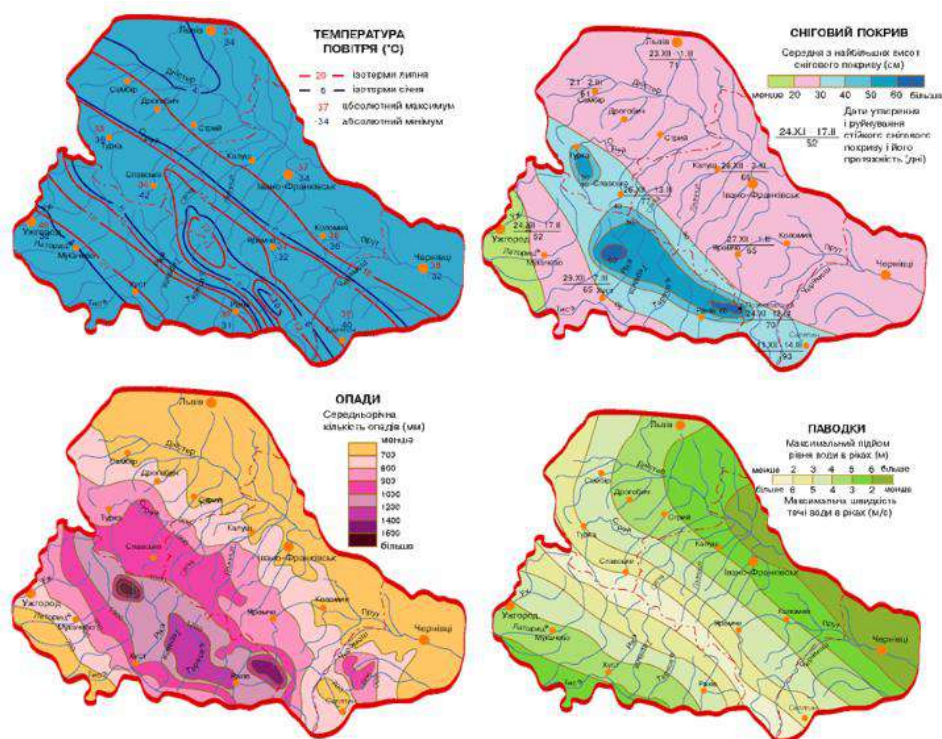


Рис. 2.1.1. Характерні кліматичні умови Передкарпаття (Івано-Франківська область зокрема)

Клімат досліджуваної території характеризується як помірно теплий із надлишковим зволоженням (рис. 2.1.1), проте температурний режим суттєво модифікується орографічними особливостями місцевості. У зимовий період

досліджень 2024 року (грудень-лютий) середня температура повітря становила близько -3°C , тоді як мінімальні показники знижувалися до $-4...-5^{\circ}\text{C}$ [163]. Зазначені температурні умови розглядалися як важливий екологічний чинник оцінки адаптаційного потенціалу інтродукованих рослин у регіоні досліджень.

2.2. Об'єкт дослідження та схема проведення експерименту

Об'єктом дослідження став вид *Origanum vulgare* L., інтродукований у межах території дендрологічного парку та на дослідну земельну ділянку в м. Тлумач. Інтродукцію здійснювали двома способами – генеративним (насінням) та вегетативним (саджанцями). У процесі досліджень проводили систематичні спостереження за адаптаційними реакціями рослин до нових умов середовища, зокрема до фізико-хімічних властивостей ґрунту, освітленості, вологості та температурного режиму.

Інтродукційні дослідження проводили на двох дослідних ділянках із визначенням їхньої площі за загальноприйнятою формулою:

$$S = a \times b,$$

де a – ширина ділянки, b – її довжина.

Схема висіву насіння передбачала ширину міжрядь 0,30 м. У межах дендрологічного парку розміри облікової ділянки становили 2,50x3,20 м, що відповідає площі 8 м². На ділянці в м. Тлумач ширина становила 2 м, довжина – 3 м, а площа – 6 м².

Схема висаджування саджанців передбачала відстань між рослинами 0,35 м та ширину міжрядь 0,30 м. Розміри облікової ділянки в м. Тлумач становили 1,00x1,80 м із площею 1,80 м². Застосована схема посадки дозволила забезпечити оптимальні умови просторового розміщення рослин, що мінімізувало конкуренцію за ресурси та сприяло коректній оцінці їхніх ростових й адаптаційних показників.

2.3. Методика морфометричних вимірювань

З метою оцінки ефективності інтродукції та аналізу ростових процесів *Origanum vulgare* L. проводили систематичні морфометричні вимірювання рослин на різних етапах їхнього онтогенетичного розвитку. Облік здійснювали на вибірках по 25–30 особин у кожній повторності, що забезпечувало статистичну репрезентативність отриманих результатів.

У процесі досліджень визначали комплекс морфологічних показників, що характеризують вегетативний та генеративний розвиток рослин [169; 170]. Експериментальні спостереження проводили виключно за умов відсутності атмосферних опадів, обмежуючи час фіксації ранковими та пообідніми годинами.

Показники лінійного росту. Висоту головного пагона вимірювали з точністю до 0,10 см за допомогою мірної стрічки [169; 170]. Вимірювання проводили з інтервалом 14 днів, починаючи від моменту проростання, фази масового цвітіння до відмирання пагона.

Характеристики листкового апарату. Об'єктом морфометричного аналізу слугували виключно листки серединного ярусу пагона, що дозволило мінімізувати статистичні похибки, зумовлені природною ярусною мінливістю розмірів листових пластинок. Визначали довжину та ширину листкової пластинки. Ширину листка вимірювали в його найширшій частині як відстань між протилежними краями пластинки [169; 170]. Довжину визначали від місця прикріплення листка (або черешка) до верхівки листкової пластинки [169; 170]. Також підраховували кількість листків на рослині на кожному етапі розвитку.

Параметри генеративних органів. Фіксували кількість сформованих суцвіть та кількість квіток у кожному суцвітті, що дозволило оцінити генеративну продуктивність рослин [170].

Будова пагонової системи. Визначали кількість листків у вузлі та відстань між вузлами, що відображає інтенсивність росту та морфогенезу пагонів. Вузол розглядали як ділянку стебла, у якій відбувається прикріплення листка або групи листків.

Розвиток кореневої системи. Довжину головного кореня вимірювали з інтервалом 14 днів від моменту проростання до початку генеративної фази та до відмирання верхньої частини рослини, використовуючи мірну стрічку з точністю до 0,10 см [169; 170]. Виміри проводилися шляхом викопування вибраних особин із популяції.

Окрім дослідних рослин, морфометричні показники визначали також у дикорослих популяціях *Origanum vulgare* L.. Обліки проводили в польових умовах на вибірках по 25 особин, вимірюючи висоту рослин, параметри листкового апарату, кількість листків, а також характеристики суцвіть. Для генеративних рослин фіксували кількість суцвіть, кількість квіток у них, кількість листків у вузлі та відстань між вузлами. Додатково визначали довжину головного кореня як показник розвитку підземної частини рослин.

Застосований комплекс морфометричних показників дозволив отримати всебічну характеристику росту, розвитку та адаптаційних реакцій виду в умовах інтродукції та в природних популяціях.

2.4. Методика фенологічних спостережень

У спеціалізованій літературі фенологічний розвиток рослин розглядається як закономірна послідовність і щорічна повторюваність феноциклів, що охоплюють періоди активної вегетації та спокою, ріст і завершення росту пагонів, формування та опадання листків, цвітіння, плодоношення і дозрівання насіння. У межах цих циклів рослини послідовно проходять фенологічні фази, кожна з яких характеризується чітко вираженими морфологічними змінами органів і структур.

Фенологічні спостереження за рослинами *Origanum vulgare* L. проводили з використанням розширеної шкали ВВСН [171], адаптованої для лікарських й ароматичних культур [171], та в поєднанні з аналізом вікової структури ценопопуляцій [170; 172], проведенням згідно з методологічними засадами школи Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (рис. 2.4.1) та інших провідних установ. Серед тих, хто активно розробляв цю тематику, Юрій Шеляг-

Сосонко – академік НАН України, який багато зробив для розвитку фітоценології та популяційної екології.

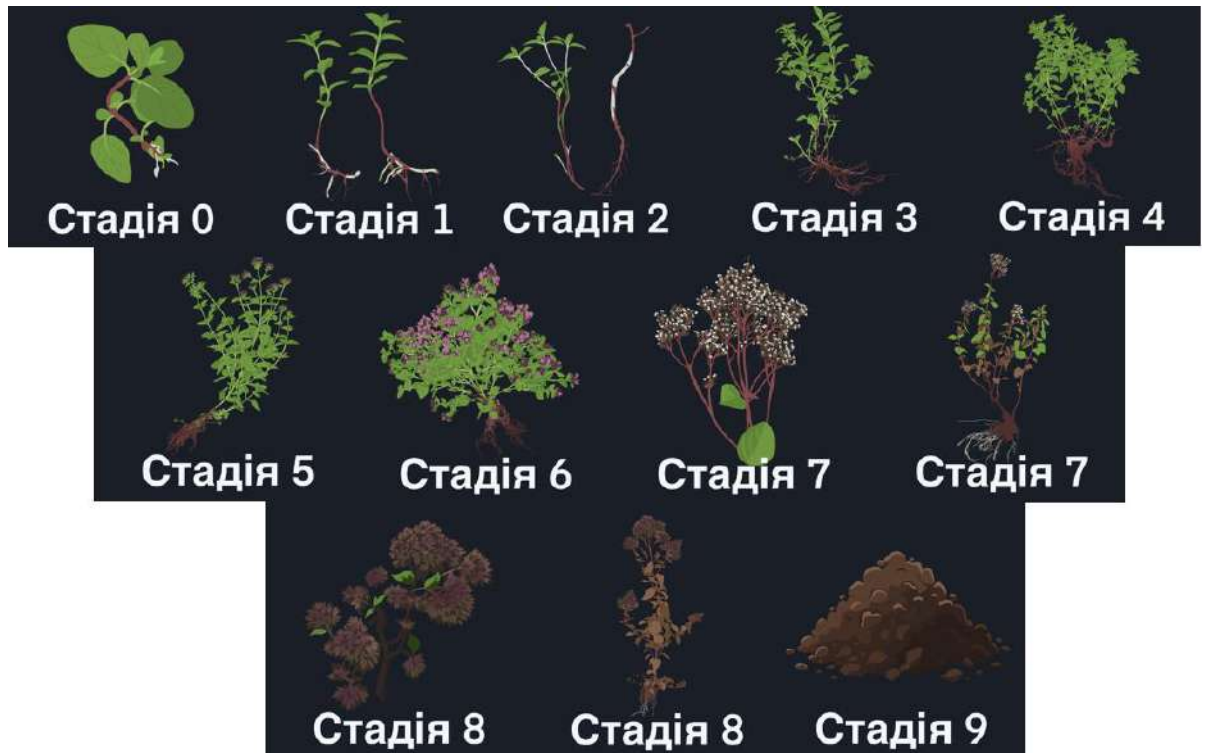


Рис. 2.4.1. Розвиток *Origanum vulgare* L. у межах шкали BBCH в поєднанні з аналізом вікової структури: *стадія 0* – ювенільна *стадія розвитку*; *стадія 1 та 2* – іматурна *стадія розвитку*; *стадія 3 та 4* – віргінільна *стадія розвитку*; *стадія 5, 6 та 7* – генеративна *стадія розвитку*; *стадія 8 та 9* – постгенеративна *стадія розвитку*

У процесі досліджень фіксували настання та тривалість основних стадій розвитку рослин, зокрема: проростання, формування листкового апарату, гілкування, інтенсивний ріст пагонів, розвиток вегетативних органів, бутонізацію, початок і масове цвітіння, розвиток плодів, дозрівання насіння та перехід до періоду спокою [169; 170; 171].

Початком цвітіння вважали момент розкриття перших поодиноких квіток, фазу масового цвітіння визначали за наявності відкритими не менше половини

квіток у суцвітті, а завершення цвітіння фіксували після відцвітання більшості квіток й осипання або всихання пелюсток [170; 171].

Окрім досліджень онтогенетичної структури було здійснено аналіз насінневої продуктивності інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L. в умовах Передкарпаття, що є ключовим аспектами для розуміння динаміки розвитку її популяцій та екологічних адаптацій. В аналізі використовувалися показники фактичної насінневої продуктивності [172].

На початковому етапі досліджень зважали на можливість проходження рослинами скороченого життєвого циклу в умовах Передкарпаття. Зокрема, передбачалося, що частина особин першого року розвитку може залишатися у віргінільному стані, формуючи лише вегетативну розетку без переходу до генеративної фази. Урахування цієї особливості дозволило коректно інтерпретувати фенологічні показники та адаптаційні реакції виду.

2.5. Методика відбору ґрунтових зразків для агрохімічного аналізу

Відбір ґрунтових проб та їх безпосередній аналіз виконували за стандартизованою методикою на базі лабораторії «УкрХімАналіз» (м. Київ) [174]. Для забезпечення репрезентативності проби попередньо відступали приблизно 30 см від меж дослідної ділянки з метою уникнення зон можливого впливу сільськогосподарської техніки та локального накопичення добрив, що можуть призводити до спотворення результатів аналізу.

Після визначення робочої площі формували комбіновану ґрунтову пробу шляхом відбору матеріалу з п'яти точок, розташованих по діагоналі дослідної ділянки (рис. 2.5.1). Кожну точку відбору закладали вручну, формуючи шурф глибиною орного шару (приблизно 25–30 см) [174]. На вертикальній стінці шурфу виконували рівномірний зріз ґрунту, що дозволяло внести до проби матеріал з усього профілю досліджуваного шару – від поверхні до заданої глибини.

Ґрунт, відібраний у кожній точці, поміщали до спільної ємності та ретельно перемішували з метою отримання однорідної суміші. Із сформованої маси

відбирали приблизно 0,5 кг матеріалу, достатнього для проведення повного комплексу лабораторних агрохімічних досліджень [174].

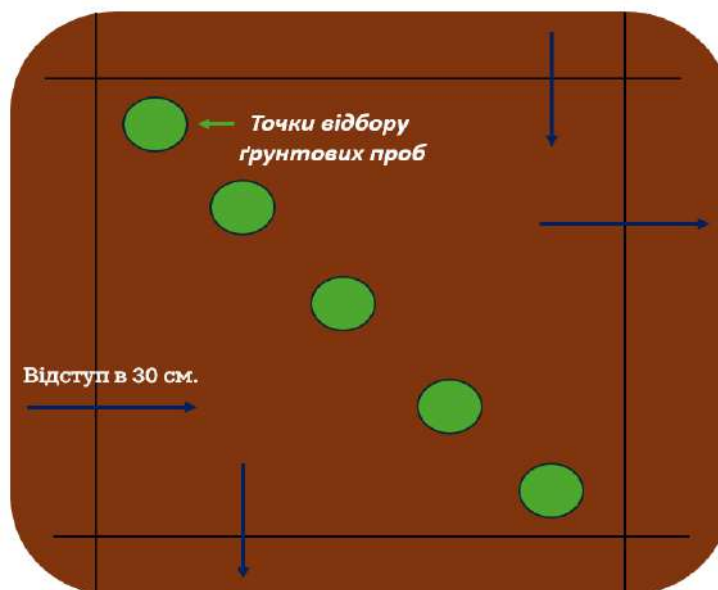


Рис. 2.5.1. Схема відбору комбінованої ґрунтової проби на досліджуваних земельних ділянках

Лабораторний аналіз ґрунтових зразків тривав у середньому п'ять діб, після чого отримували результати агрохімічного дослідження, представлені у відповідних протоколах аналізу.

2.6. Методика пошуку та обліку дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L. у Карпатському регіоні

Виявлення місцезростань *Origanum vulgare* L. здійснювали шляхом закладання маршрутних екологічних профілів з огляду на висотну поясність Карпат, орографічні умови та еколого-ценотичні вимоги виду. Те, у якому природному оточенні ростуть лікарські рослини, а також те, як люди впливають на цю природу, суттєво визначає стан самих рослин і кількість сировини, яку ми можемо з них зібрати [175].

Перед проведенням польових досліджень здійснювали аналіз картографічних матеріалів, літературних джерел та відомостей про екологічні особливості виду. Вибір маршрутів базувався на еколого-біологічних характеристиках материнки звичайної як світлолюбної ксеромезофітної рослини [33; 40; 61]. Пошукові маршрути планували переважно на схилах південної, південно-східної та південно-західної експозицій. Особливу увагу приділяли ділянкам у межах лісового та субальпійського поясів (від передгір'їв до висот приблизно 1200–1400 м н.р.м.), де вид трапляється найчастіше. Додатковим критерієм відбору територій була наявність карбонатних субстратів або кам'янистих відслонень, оскільки вид характеризується кальцефільними властивостями.

Польовий етап досліджень. Обстеження територій проводили маршрутним методом уздовж річкових долин, узлісь, відкритих схилів та ділянок із порушеним рослинним покривом. Пріоритетними біотопами вважали узлісся широколистяних і мішаних лісів, сухі лучні схили, кам'яністі відслонення, узбіччя доріг та лісові зруби віком 3–5 років. У густих ялинових лісах із високою зімкнутістю крон пошук не здійснювали через низьку толерантність виду до затінення.

Фіксація локалітетів. У разі виявлення популяції проводили її паспортизацію. Фіксували географічні координати центру популяції із точністю 3–5 м (широту, довготу, висоту над рівнем моря), адміністративну прив'язку (лісництво, урочище, найближчий населений пункт), а також описували умови місцезростання та структуру фітоценозу. Визначали тип рослинності та склад співдомінантів. Для карпатських популяцій виду типовими супутніми видами є *Hypericum perforatum*, *Thymus* spp., *Achillea millefolium* та інші лучно-степові та узлісні види.

Оцінка параметрів популяції. Для експрес-оцінки стану популяцій закладали пробні облікові площі розміром 1x1 м. На цих площах визначали проєктивне покриття виду, щільність генеративних пагонів на одиницю площі та загальний життєвий стан рослин (здорові, пригнічені, пошкоджені). Отримані дані дозволяли оцінити структуру та життєздатність популяцій у природних умовах.

2.7. Якісне визначення біологічно активних речовин

Для дослідження основних груп БАР сировину висушували та подрібнювали на млинку типу «Ексцельсіор» до розміру частинок 1–3 мм. Зважування зразків сировини проводили на вагах ВЛР – 200 g; ВЛА – 200 г – М 80.

Біологічно активні речовини екстрагували з рослинної сировини водою очищеною, ізотонічним розчином натрію хлориду, 70% етанолом у співвідношенні сировина – екстрагент 1:10 при нагріванні на водяному нагрівнику із зворотнім холодильником протягом 30 хв. Отримані екстракти досліджували на наявність основних груп біологічно активних речовин за фармакопейними та описаними в літературі методиками [176; 177; 178].

Водні екстракти досліджували на наявність вільних цукрів, полісахаридів, кислоти аскорбінової, антраценпохідних, хромонів, танідів.

Виявлення вільних цукрів проводили за допомогою реактиву Фелінга: до 1,00 мл водного екстракту додавали 1,00 мл реактиву Фелінга при нагріванні на водяному нагрівнику.

Для виявлення полісахаридів до 5,00 мл водного екстракту додавали 15,00 мл 95 % етанолу.

Кислоту аскорбінову виявляли з розчином 2,6-дихлорфеноліндофеноляту натрію.

Виявлення антраценпохідних проводили за допомогою реакцій Чірха і Борнтрегера:

- до 1 мл витяжок досліджуваних видів додавали 2 краплі 5% розчину натрію гідроксиду;
- 5 мл досліджуваних витяжок переносили в колбу, додавали 3 мл 10% розчину натрію гідроксиду й кип'ятили на електричній плитці із закритою спіраллю протягом 3 хв. Після охолодження до кімнатної температури витяжку фільтрували та додавали 5 мл хлороформу й обережно перемішували протягом 3 хв. Відокремлювали хлороформний шар, змішували його з 3 мл 10% розчину аміаку й збовтували.

Виявлення хромонів проводили за реакцією спікання сухого залишку водної витяжки з кристалічним калію гідроксидом.

Виявлення дубильних речовин проводили за допомогою реакцій ідентифікації [176; 177; 178]:

- до 5,00 мл профільтрованого водного екстракту по краплях додавали рівну кількість свіжовиготовленого 1% розчину желатину і 2 краплі 10% розчину натрію хлориду;

- до 5,00 мл профільтрованого водного екстракту додавали 1% розчин заліза (III) хлориду;

- до 5,00 мл водного екстракту додавали 2–3 краплі 10% розчину оцтової кислоти і 10,00 мл 10% розчину свинцю (II) ацетату. До 1 мл розчину додавали 1,00 мл 3% розчину заліза (III) амонію сульфату і 0,5 г натрію ацетату кристалічного;

- до 5,00 мл водного екстракту додавали 5–10 крапель бромної води.

Екстракти, одержані з використанням ізотонічного розчину натрію хлориду, досліджували на наявність сапонінів:

- у дві пробірки однакового кольору та діаметру вносили по 2,00 мл досліджуваного екстракту; в одну додавали 2,00 мл 0,5% розчину кислоти хлористоводневої ($\text{pH}=1$), а в другу – 2,00 мл 0,5% розчину натрію гідроксиду ($\text{pH} = 13$) та енергійно їх струшували;

- до 1,00 мл екстракту додавали 1,00 мл 2% зависі еритроцитів на ізотонічному розчині;

- до 2,00 мл екстракту в пробірці додавали кілька крапель свинцю ацетату;

- до витяжки додавали оцтову кислоту льодяну і суміш оцтового ангідриду та кислоти сірчаної концентрованої (50:1).

Спиртові екстракти досліджували на наявність серцевих глікозидів, флавоноїдів, кумаринів. Для цього 10,0 г кожного виду сировини обробляли хлороформом в апараті Сокслета до його знебарвлення. Після цього сировину тричі екстрагували 70% етанолом (1:10) при нагріванні на водяному нагрівнику протягом 30 хв. Об'єднані витяжки фільтрували, відганяли етанол, водний залишок

концентрували до 1/10 об'єму та обробляли етилацетатом. Екстракти випарювали до сухого залишку, який розчиняли в етанолі та використовували для подальших досліджень.

- реакція Лібермана-Бурхарда: 1,00 мл спиртового екстракту випарювали у фарфоровій чашці, сухий залишок розчиняли в 1,00 мл оцтового ангідриду і переносили в суху пробірку, обережно по стінці додавали 2–3 краплини сірчаної кислоти концентрованої;

- реакція Розенгейма: до 1,00 мл спиртового екстракту додавали 1,00 мл 90% етанольного розчину кислоти трихлороцтової;

- реакція Легаля: до 1,00 мл спиртового екстракту додавали лужний розчин нітропрусиду натрію;

- реакція Раймонда: до 1,00 мл спиртового екстракту додавали лужний розчин *m*-динітробензолу;

- реакція Келлера-Кіліані: 1,00 мл спиртового екстракту випарювали, сухий залишок розчиняли в 0,50 мл концентрованої кислоти оцтової зі слідами заліза (III) сульфату. Розчин переносили в суху пробірку і по стінці нашаровували 0,50 мл сірчаної кислоти концентрованої зі слідами заліза (III) сульфату.

Виявлення флавоноїдів проводили за допомогою реакцій ідентифікації:

- ціанідінова реакція за Бріантом: до 1,00 мл спиртового екстракту додавали близько 0,1 г порошку магнію і 0,50 мл кислоти хлористоводневої концентрованої. Пробірку нагрівали 2–3 хв на водяному нагрівнику.

- реакція з реактивом Фоліна-Деніса;
- реакції з реактивом Вільсона;
- з 3% розчином заліза (III) хлориду,
- з 2% розчином натрію карбонату і 5% спиртовим розчином алюмінію хлориду.

Виявлення кумаринів проводили за допомогою якісних реакцій: лактонної проби, з діазореактивом та ін. [176; 177; 178].

Виявлення алкалоїдів у лікарській рослинній сировині проводили за допомогою осадових та кольорових реакцій, хроматографії в тонкому шарі сорбенту, УФ-спектроскопії.

2.8. Кількісне визначення біологічно активних речовин

Кількісне визначення суми вільних органічних кислот проводили титриметричним методом за фармакопейною методикою [179]. Вміст суми органічних кислот (X, %) в перерахунку на яблучну кислоту в абсолютно сухій сировині розраховували за формулою:

$$X = \frac{V * 0,0067 * 250 * 100 * 100}{m * 10 * (100 - W)}$$

де V – об'єм 0,1 М розчину натрію гідроксиду, витраченого на титрування, мл;

0,0067 – кількість яблучної кислоти, що відповідає 1 мл 0,1 М розчину натрію гідроксиду, г;

m – маса сировини, г;

W – втрата в масі при висушуванні сировини, %.

Вміст аскорбінової кислоти проводили згідно з ДФУ [179]. Кількісний вміст аскорбінової кислоти (X, %) у перерахунку на абсолютно суху сировину обчислювали за формулою:

$$X = \frac{V * 0,000088 * 300 * 100 * 100}{m * 1 * (100 - W)}$$

де V – об'єм розчину натрію 2,6-дихлорфеноліндофеноляту (0,001 моль/л), витраченого на титрування, мл;

0,00008 – кількість аскорбінової кислоти, що відповідає 1 мл 2,6-дихлорфеноліндофеноляту (0,001 моль/л), г;

m – маса сировини, г;

W – втрата в масі при висушуванні сировини, %.

Кількісне визначення окиснювальних поліфенолів проводили за методикою ДФУ титриметричним методом [179]. Вміст суми окиснюваних поліфенолів (X , %) у перерахунку на абсолютно суху сировину розраховали за формулою:

$$X = \frac{(V - V_1) * 0,00582 * 250 * 100 * 100}{m * 25 (100 - W)}$$

де V – об'єм розчину калію перманганату (0,02 моль/л), витраченого на титрування витяжки, мл;

V_1 – об'єм розчину калію перманганату (0,02 моль/л), витраченого на титрування витяжки в контрольному досліді, мл;

0,00582 – кількість дубильних речовин, що відповідає 1 мл розчину перманганату калію, г;

m – маса сировини, г;

W – втрата в масі при висушуванні сировини, %;

250 – загальний об'єм витяжки, мл;

25 – об'єм витяжки, що взято на титрування, мл.

Кількісне визначення вмісту флавоноїдів проводили за методикою ДФУ спектрофотометричним методом [179]. Кількісний вміст флавоноїдів (X , %), у перерахунку на рутин та абсолютну суху сировину обчислювали за формулою:

$$X = (A * 25 * 100 * 100 * 100) / (E^{1\%}_{1cm} * m * V * (100 - W))$$

де A – оптична густина досліджуваного розчину;

25 – об'єм розчину Б, мл;

100 – об'єм розчину А, мл;

$E^{1\%}_{1\text{cm}}$ – питомий показник поглинання комплексу рутину з алюмінію хлоридом (при 408 нм);

m – наважка сировини, г;

V – об'єм розчину А, узятий для приготування розчину Б, мл;

W – втрата в масі при висушуванні, %.

Кількісне визначення вмісту гідроксикоричних кислот проводили за методикою ДФУ спектрофотометричним методом [179]. Вміст суми гідроксикоричних кислот (X , %) у перерахунку на розмаринову кислоту та абсолютну суху сировину обчислювали за формулою:

$$X = (A * 200 * 25 * 100 * 100) / (E^{1\%}_{1\text{cm}} * m * 1 * (100 - W))$$

де A – оптична густина досліджуваного розчину;

m – наважка сировини, г;

$E^{1\%}_{1\text{cm}}$ – питомий показник поглинання розмаринової кислоти, який становить 500;

W – втрата в масі при висушуванні, %.

2.9. Статистична обробка результатів досліджень

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних здійснювали із застосуванням методів варіаційної статистики з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel.

Для кожного досліджуваного показника обчислювали середнє арифметичне значення вибірки та стандартну похибку середнього, що дозволило оцінити центральну тенденцію та варіабельність морфометричних параметрів рослин.

Достовірність відмінностей між варіантами дослідження визначали за допомогою t -критерію Стюдента при рівні статистичної значущості $p < 0,05$. Такий підхід забезпечив об'єктивну оцінку впливу умов вирощування на ріст, розвиток та адаптаційні характеристики досліджуваного виду.

РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ПОПУЛЯЦІЙ *ORIGANUM VULGARE* L.

Пошуки виду проводили на території Західної України, адже актуальною проблемою для північно-східного регіону України є активні військові дії, що стимулюють трансформацію та забруднення навколишнього середовища [180]. Зокрема, це стосується поширення пожеж, адже такі займання спричиняють значні зміни у структурі лісу, порушують екологічні зв'язки та негативно впливають на процеси його відновлення [180]. За сприятливих умов лісові екосистеми виконують критично важливі функції: підтримують біорізноманіття, регулюють кругообіг води та зберігають ґрунтові ресурси, необхідні для сільського господарства й продовольчої безпеки [181]. Відтак, порушення їхньої стабільності зумовлює низку деструктивних змін у довкіллі [180].

У контексті цих загальнодержавних екологічних викликів, особливої ваги набуває збереження та дослідження стабільних екосистем у відносно безпечних регіонах України, які можуть слугувати резерватами генетичного різноманіття різних видів рослин, зокрема лікарських.

Дослідження розповсюдження *Origanum vulgare* L. в екологічних умовах Карпат і Передкарпаття є важливим для поглиблення знань про флору цих регіонів, а також для детальнішого вивчення ареалу та екологічних умов росту лікарських рослин у природному середовищі Українських Карпат. Ці дослідження мають значення як для подальшого вирощування та інтродукції цих рослин у культурі, так і для розуміння їхніх адаптаційних механізмів у відповідь на зміни навколишнього середовища.

Вивчення особливостей поширення *Origanum vulgare* L. дозволяє зрозуміти процеси його адаптації до різноманітних екологічних умов, а також має потенціал для застосування в біоіндикаційних дослідженнях та заходах із збереження біорізноманіття.

Розробляючи маршрут та алгоритм польових досліджень, ми спиралися на досвід масштабних геоботанічних експедицій [182]. Зокрема, було враховано

методику комплексного флористичного обстеження, апробовану протягом 2020–2021 років на базі екопоселення «Радуга» (за ініціативи його засновника Олексія Урсуленка) [182]. В адміністративному відношенні територія екопоселення «Радуга» розташована в межах Олешківської ОТГ Херсонського (раніше – Цюрупинського) району Херсонської області, на західній околиці села Саги. Проведені дослідження охоплювали повний цикл активної вегетації рослин, від ранньовесняного до осіннього фенологічних аспектів. Це дозволило максимально повно зафіксувати видовий склад та динаміку розвитку фітоценозів у різні періоди року [182].

Таким чином, одним із ключових етапів дослідження став вибір репрезентативних локацій для проведення польових спостережень, а також установлення періодів оптимальної вегетативної активності досліджуваного виду. Співпраця з експертами в галузі природоохорони значно полегшила процес пошуку. Завдяки налагодженню контакту з представниками природоохоронних організацій вдалося зібрати дані про поширення *Origanum vulgare* L. на територіях національних парків та заповідників.

Карпатський біосферний заповідник. Його площа становить 66 417, 4 га. На своїй території налічує 35 високогірних озер, 5 гір-двотисячників, найбільший у світі масив букових пралісів – 21 000 га, 130 червонокнижних видів тварин, 150 червонокнижних видів рослин [183]. З отриманих даних зазначимо, що *Origanum vulgare* L. не зареєстрована як вид, поширений на території заповідника.

Карпатський національний природний парк. Площа парку становить 50 510 га. На території є 2 високогірні озера, 5 водоспадів, 2581,4 га пралісів, 77 червонокнижних видів тварин, 80 червонокнижних видів рослин. *Origanum vulgare* L. не поширена в межах парку [184].

Галицький національний природний парк. Площа парку дорівнює 146 848 га. Налічує 1050 видів судинних рослин, з них: 75 видів занесено до Червоної книги України, 7 – до Європейського Червоного списку, 7 – до переліку видів Бернської конвенції, 700 видів грибів макроміцетів, 15 з них занесено до списку Червоної

книги України. *Origanum vulgare* L. є зареєстрованим видом, що зростає на просторах парку, а саме на території Крилівського та Блюдниківського лісництва [185].

Національний природний парк «Верховинський». Територія охоплює 13 718, 4 га. У межах парку протікає 2 річки, зареєстровано 1058 видів тварин та 978 видів рослин, з них понад 700 видів судинних рослин, 64 види рослин, що зростають в парку внесені до Червоної книги України [186]. Парк налічує 3000 видів тварин. Із хребетних – 139 видів, із яких 76 внесені в офіційні охоронні списки. Із комах виявлено 302 види. *Origanum vulgare* L. є зареєстрованим видом у межах парку [186].

Природний заповідник «Горгани». Площа становить 53,442 кв. км. Заповідник належить до світової спадщини ЮНЕСКО, налічує близько 402 видів рослин, з них: 34 види вищих судинних рослин, що занесені до Червоної книги України, також 39 видів рослин, які підлягають охороні на регіональному рівні [187]. Фауна заповідника – це понад 1000 видів безхребетних тварин та близько 150 видів хребетних тварин. Виявили, що *Origanum vulgare* L. не розповсюджена в межах парку [187].

На основі зібраної інформації було визначено маршрут проведення пошуку популяцій *Origanum vulgare* L., обрані зони позначені на рисунку 3.1.1.

Польові дослідження охоплювали шість зон Івано-Франківської області:

1. Маршрут дослідження проходив через **Івано-Франківськ → Крихівці → Лисець → Богородчани → Підгір'я → Старуню → Гвізд → Надвірну → Стримбу → Лосю → Делятин.**

2. Маршрут дослідження пролягав через **Яремче → Микуличин → Татарів → Паляницю (Буковель) → Яблуницю.**

3. Маршрут дослідження укладений через **Татарів → Ворохту → Кривополе → Кривопілля → Стаїще → Верховину → Криворівню → Верхній Ясенів → Буковець → Косів.**

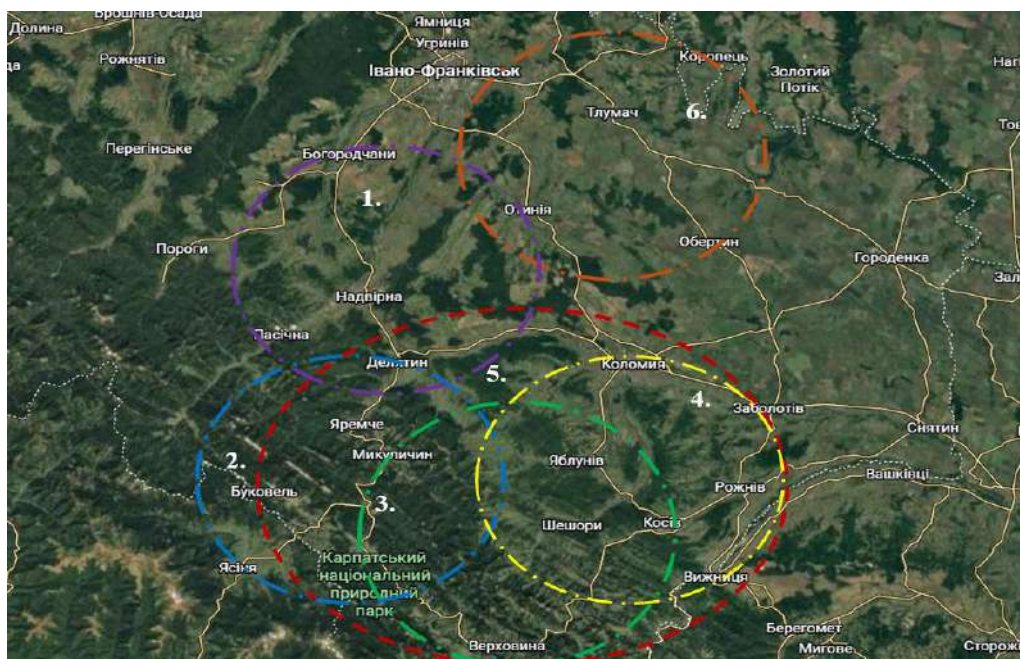


Рис. 3.1.1. Території, де проводили пошук дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L.

4. Маршрут дослідження проходив через **Верхній Ясенів** → **Криворівню** → **Буковець** → **Косів** → **Пістинь** → **Яблунав** → **Нижній Вербіж** → **Коломию**.

5. Найбільший маршрут, який сфокусували на Ворохтянській селищній громаді та Верховинському районі.

6. Маршрут дослідження простягся через **Тисменицю** → **Клубівці** → **Тлумач** → **Грушку** → **Обертин**, а також охопив такі села, як **Остриню**, **Олешів**, **Антонівку** та **Нижнів**.

Обстеження території проводили шляхом проходження маршрутів уздовж річкових долин, лісових узлісь та гірських схилів.

Польові дослідження тривали впродовж травня 2024 року – вересня 2025 року. Протягом цього часу здійснили 31 виїзд на територію Карпат та Передкарпаття. Загальні результати можна побачити в табл. 3.1.1.

Таблиця 3.1.1.

Результати пошуку дикорослих ценопопуляцій *Origanum vulgare* L. на території
Передкарпаття та Карпат

Назва територіальної громади	Виявлено <i>Origanum vulgare</i> L.	Не виявлено <i>Origanum vulgare</i> L.
Антонівка		+
Богородчани		+
Буковець		+
Верхній Ясенів	+	
Верховина	+	
Ворохта		+
Гвізд		+
Грушка		+
Делятин		+
Клубівці		+
Криворівня		+
Крихівці		+
Кривопілля	+	
Криворівня		+
Красник		+
Коломия		+
Косів		+
Надвірна		+
Нижній Вербіж		+
Нижнів	+	
Микуличин		+
Паляниця		+
Підгір'я		+
Пістинь		+
Лисець		+
Лосва		+
Обертин		+
Олешів		+
Остриня		+
Старуня		+

Стаїще		+
Стримба		+
Татарів	+	
Тисмениця		+
Тлумач		+
Яремче		+
Яблуниця	+	
Яблунів		+

Узагальнення результатів маршрутно-флористичних обстежень свідчить, що дикорослі особини *Origanum vulgare* L. виявлено на територіях селища Верховина, а також сіл Кривопілля, Верхній Ясенів, Татарів, Нижнів і Яблуниця, а також на їх околицях, полонинах, територіях біля лісів та підніжжя гір. Географічне розташування знайдених ценопопуляцій наочно представлено на рис. 3.1.2.

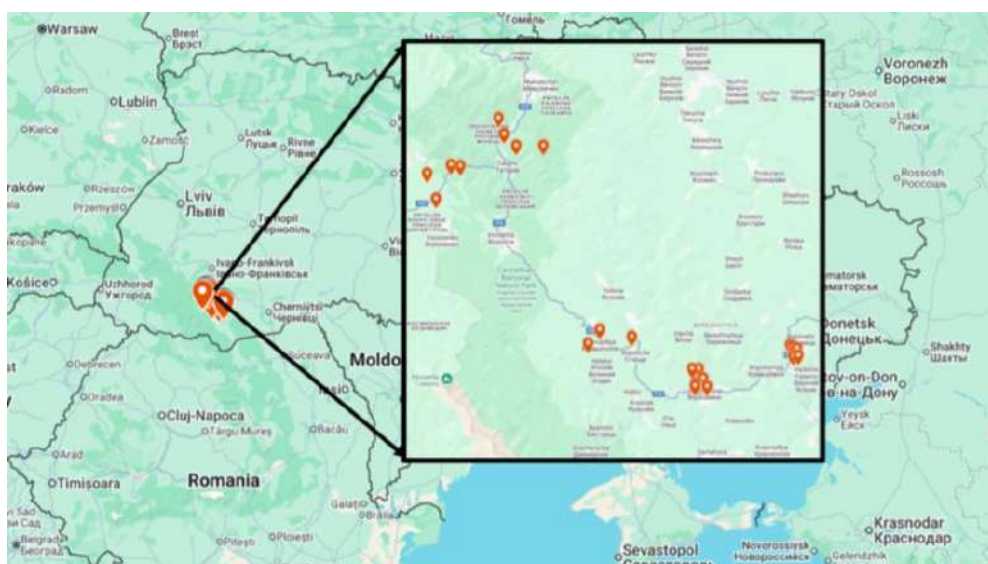


Рис. 3.1.2. Місця виявлення дикорослих ценопопуляцій *Origanum vulgare* L. під час польових досліджень у Карпатському регіоні

Паралельно з географічним окресленням меж досліджуваних ценопопуляцій, їхня загальна характеристика охоплювала ретельний аналіз онтогенетичної структури, що є принципово важливим для з'ясування внутрішніх механізмів самопідтримки та оцінювання їхнього відновлювального потенціалу. [188]. Для

цього особини диференціювали за етапами онтогенезу (від проростків до сенільних рослин) [188]. Важливим етапом дослідження стало визначення типу ценопопуляцій: інвазійного, нормального або регресивного, причому останній характеризується переважанням особин постгенеративного періоду [188].

У с. Верховині виявити *Origanum vulgare* L. було найлегше. Місцеві жителі називають материнку «Душицею». Рослина зростала вздовж доріг, на пасовищах, а також у підліссі, біля берегів Чорного Черемоша. Місцеві використовують її як корм для великої рогатої худоби та для заготівлі чайних сумішей на зиму [189].

Координати:

1. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верховина, 48.166792, 24.803615.
2. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верховина, 48.166792, 24.811717.
3. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верховина, 48.159119, 24.817225.
4. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верховина, 48.155120, 24.807828.
5. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верховина, 48.152742, 24.807018.
6. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верховина, 48.152309, 24.822572.

Слід додати, що в межах пробних площ (1x1 м) у с. Верховині ценопопуляції *Origanum vulgare* L. перебувають у стабільному стані. Проективне покриття становить 25–40% при щільності генеративних пагонів 18–26 шт./м². Морфологічні ознаки та інтенсивність цвітіння свідчать про здоровий стан особин. Відсутність видимих пошкоджень та загального пригнічення рослин в ценопопуляції підтверджує високу життєздатність та репродуктивну стабільність виду в зазначеному екотопі.

Мешканці Кривопілля підтвердили факт зростання *Origanum vulgare* L. на околицях села, проте також стверджували, що рослина є «сором'язливою», і в ході будівництва нових відпочинкових комплексів та активного продажу землі знайти її було важче [189]. Вдалося також виявити рослину на пасовищі, у напрямку до гори Буков'янка.

Координати:

1. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Кривопілля, 48.199331, 24.689246.
2. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Кривопілля, 48.193582, 24.728513.
3. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Кривопілля, 48.188206, 24.674451.

На прилеглих територіях до Кривопілля ценопопуляції *Origanum vulgare* L. характеризуються просторовою розрізненістю, особини зростають окремими кущами на значній відстані одна від одної. На пробних площах (1x1 м) проєктивне покриття становить лише 15–25%, а щільність генеративних пагонів – 12–15 шт./м². Загальний життєвий стан рослин здоровий, ознак пригнічення чи пошкоджень не виявлено. Попри розпорошений характер розміщення особин, ценопопуляція зберігає високу життєздатність та репродуктивний потенціал.

У Верхньому Ясеневі *Origanum vulgare* L. виявили вздовж траси Р24 у напрямку до села Буковець. А також невелику ценопопуляцію *Origanum vulgare* L. знайшли на полонині в урочищі Запідок, на висоті 700 метрів над рівнем моря [189].

Координати:

1. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верхній Ясенів, 48.186773, 24.924969.
2. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верхній Ясенів, 48.185651, 24.929527.
3. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верхній Ясенів, 48.181864, 24.930368.

4. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верхній Ясенів, 48.183875, 24.934365.

5. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верхній Ясенів, 48.177750, 24.929316.

6. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Верхній Ясенів, 48.178030, 24.935206.

У районі Верхнього Ясенова ценопопуляції *Origanum vulgare* L. відзначаються високою щільністю розміщення. На пробних площах (1x1 м) проєктивне покриття досягає 40–60%, що свідчить про домінантне становище виду в травостої. Щільність генеративних пагонів становить 45–60 шт./м², що вказує на інтенсивний репродуктивний процес. Загальний життєвий стан рослин оцінюємо як здоровий. Особини потужні, добре розвинені та без ознак пошкоджень. Ценопопуляція демонструє стабільне самовідтворення в зазначеному екотопі.

Провівши інтерв'ю з жителями села Красник, визначили, що *Origanum vulgare* L. колись зростала і там, проте в ході дослідження її виявити не вдалося [189].

У Татарові *Origanum vulgare* L. було знайдено місцями вздовж траси Н08 та в підніжжі гори Білий Камінь.

Координати:

1. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Татарів, 48.374436, 24.563585.

2. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Татарів, 48.361254, 24.570324.

3. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Татарів, 48.351800, 24.585674.

4. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Татарів, 48.351551, 24.618995.

У районі поблизу Татарова ценопопуляції *Origanum vulgare* L. характеризуються стабільними показниками розвитку [189]. На пробних площах

(1x1 м) проєктивне покриття виду становить 30–45%, а щільність генеративних пагонів сягає 20 м 35 шт./м². Загальний життєвий стан рослин оцінюємо як здоровий, особини мають сформовану вегетативну масу та інтенсивно цвітуть. Ознак пригнічення чи пошкоджень не виявлено, що підтверджує нормальну життєздатність та активне самовідтворення виду в умовах цього регіону.

Зростання *Origanum vulgare* L. у селі Яблуниця було зафіксовано місцями вздовж траси Н09 та на пасовищах.

Координати:

1. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Яблуниця, 48.335874, 24.504430.
2. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Яблуниця, 48.334629, 24.515662.
3. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Яблуниця, 48.307742, 24.485710.
4. Івано-Франківська область, Верховинський район, село Яблуниця, 48.328904, 24.474478.

У межах села Яблуниця ценопопуляції *Origanum vulgare* L. є нечисленними і локалізовані окремими кущами вздовж траси. На пробних площах (1x1 м) фіксується низьке проєктивне покриття виду у межах 5–15% при щільності генеративних пагонів лише 5–10 шт./м². Загальний життєвий стан рослин оцінюється переважно як пригнічений, особини часто мають гірший вегетативний розвиток та механічні пошкодження через інтенсивний антропогенний вплив дороги. Життєздатність популяції знижена, а природне самовідтворення стримується жорсткими умовами придорожного середовища.

Село Нижнів розташоване в Івано-Франківському районі Івано-Франківської області, на правому березі Дністра, належить до Тлумацької міської громади.. Виявлена ценопопуляція *Origanum vulgare* L. перебуває в межах та за межами села за координатами:

1. Івано-Франківська область, Івано-Франківський район, село Нижнів, 48.954394, 25.107968.
2. Івано-Франківська область, Івано-Франківський район, село Нижнів, 48.951858, 25.116606.
3. Івано-Франківська область, Івано-Франківський район, село Нижнів, 48.953298, 25.110361.
4. Івано-Франківська область, Івано-Франківський район, село Нижнів, 48.951519, 25.080931.

У районі села Нижнів, на ділянках уздовж річки Дністер, ценопопуляції *Origanum vulgare* L. відзначаються оптимальним рівнем розвитку. На пробних площах (1x1 м) проективне покриття виду становить 40–55%, а щільність генеративних пагонів сягає 30–45 шт./м². Загальний життєвий стан рослин задовільний, особини здорові, добре сформовані, з потужною надземною масою та активним цвітінням. Сприятливі екологічні умови прирічкової зони забезпечують високу життєздатність ценопопуляції та її стійке природне самовідтворення.

На ділянках, розташованих поблизу траси Н18 та в зонах підлісся, ценопопуляції *Origanum vulgare* L. зазнають комбінованого антропогенного впливу та затінення. На пробних площах (1x1 м) проективне покриття виду знижується до 10–20%, а особини зростають окремими розрідженими кущами. Щільність генеративних пагонів становить 8–15 шт./м². Загальний життєвий стан рослин оцінюється переважно як пригнічений, через нестачу прямого сонячного світла трапляються низькорослі та частково пошкоджені екземпляри. Життєздатність ценопопуляції в цих умовах є зниженою, а здатність до самовідтворення обмежується несприятливою специфікою екотопу.

Із 38 досліджених територій Івано-Франківської області дикорослі ценопопуляції *Origanum vulgare* L. були виявлені лише поблизу територій 6 громад. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що цей вид не є надто поширеним на території Карпат та Передкарпаття [189].

Origanum vulgare L. трапляється на висотах до 1000 м над рівнем моря, переважно на сонячних схилах гір, на пасовищах в околицях сіл та вздовж річок. Однак активне будівництво відпочинкових комплексів, масове придбання земельних ділянок, а також використання рослини як корму для худоби призводять до значного скорочення чисельності цього виду [189].

Поширення *Origanum vulgare* L. у зазначеному регіоні свідчить про перспективи його вирощування в межах Передкарпаття, незважаючи на частково несприятливі кліматичні умови.

Результати проведених експедиційних виїздів та камеральної обробки даних дозволяють детально охарактеризувати сучасний стан поширення *Origanum vulgare* L. у Карпатському регіоні. Встановлено, що вид виявляє виражену вибірковість до екотопів, віддаючи перевагу добре інсольованим ділянкам: сонячним схилам гір, пасовищам в околицях населених пунктів, узліссям та сухим річковим терасам на висотах до 1000 метрів над рівнем моря [189]. Попри значну територію обстеження, що охопила ділянки навколо 38 громад та здійснений 31 польовий виїзд, дикорослі ценопопуляції були зафіксовані лише в шести ділянках навколо громад (Верховина, Кривопілля, Верхній Ясенів, Татарів, Нижнів, Яблуниця), що підтверджує низьку частоту трапляння виду в природних фітоценозах Передкарпаття.

Особливу увагу привертає негативний вплив антропогенних чинників на життєздатність виявлених ценопопуляцій. У ході інтерв'ю з місцевими жителями та безпосередніх спостережень з'ясовано, що активна забудова рекреаційних зон, зміна цільового призначення земель та інтенсивне будівництво відпочинкових комплексів (зокрема у с. Кривопілля та с. Татарів) призводять до фрагментації та повного знищення природних оселищ материнки. Додатковим дестабілізуючим фактором є господарське використання виду: неконтрольований збір для заготівлі чайних сумішей та використання рослини як корму для великої рогатої худоби. Аналіз даних природоохоронних установ засвідчив відсутність зареєстрованих локацій виду на більшості заповідних територій [189].

Отримані результати свідчать про критичне зменшення чисельності дикорослих ценопопуляцій під тиском господарської діяльності, що робить науково обґрунтовану інтродукцію та культивування *Origanum vulgare* L. єдиним ефективним інструментом збереження генофонду виду й задоволення потреб фармацевтичної галузі в регіоні. Виявлена здатність виду зростати в мезорельєфі Передкарпаття (зокрема в с. Нижнів) на фоні деградації природних оселищ підтверджує доцільність перенесення рослин у контрольовані умови культури.

РОЗДІЛ 4. АГРОХІМІЧНА ОЦІНКА СУБСТРАТІВ ВИБРАНИХ ДОСЛІДЖУВАНИХ ДІЛЯНОК

Для прогнозування успішності інтродукції материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.) першочерговим завданням є оцінка едафічного потенціалу, зокрема властивостей ґрунту. Одним із підходів до оптимізації врожайності та якості продукції в сільськогосподарському виробництві є вивчення механізмів взаємодії між ґрунтовим мікробіомом та досліджуваними культурами [190; 191]. До прикладу, дослідження фізичних та хімічних властивостей ґрунтів (чорноземів, сірих лісових та підзолистих) дало такі результати.

У сірих лісових ґрунтах, що характеризуються високою вологістю, у складі мікробіому виявлено підвищений вміст мікроміцетів (грибів) [191]. Це зумовлено сприятливим гідротермічним режимом для розвитку грибних колоній, які відіграють ключову роль у формуванні симбіотичних зв'язків із рослинами [191].

Дерново-підзолисті ґрунти демонструють найбільш збалансоване співвідношення між бактеріями та грибами. Такий паритет свідчить про високу таксономічну різноманітність мікроорганізмів та їхню здатність адаптуватися до конкретних екологічних умов, що безпосередньо впливає на загальну біологічну продуктивність ґрунту [191].

Для інтродукції *Origanum vulgare* L. на Передкарпатті важливо проаналізувати стартовий едафічний потенціал обраних земельних ділянок. Оскільки обидві ділянки визначені як експериментальні бази, слід оцінити можливу динаміку процесу інтродукції на основі результату їхнього агрохімічного аналізу.

Вибір земельної ділянки в дендропарку «Дружба» та ділянки в місті Тлумач дозволяє змодельовати два різні сценарії адаптації виду *Origanum vulgare* L., оскільки агрохімічні показники зразків демонструють контрастні умови для живлення рослин та накопичення органічних речовин (рис. 4.1.1).

Зразок: Ґрунт. Проба відібрана Замовником.

Місце відбору: Зразок № 1: Дендропарк "Дружба", м. Івано-Франківськ

Результати агрохімічного аналізу ґрунту

	№	Показник	Одиниця виміру	Результат	Рівень забезпечення				
					Наднизький	Низький	Середній	Високий	Надвисокий
Макроел-ти	1	Азот нітратний	мг/кг	2,0					
	2	Азот лужногідролізований	мг/кг	70					
	3	Фосфор рухомий (по Чірікову)	мг/кг	111					
	4	Калій рухомий (по Чірікову)	мг/кг	95					
Загальні	5	Органічна речовина	%	2,5					
	6	pH водної витяжки		7,2	Слаболужна				
	7	pH сольової витяжки		5,8	Близька до нейтральної				
	8	Засоленість загальна	мг/100г	19	Незасолений ґрунт				

Зразок: Ґрунт. Проба відібрана Замовником.

Місце відбору: Зразок 2: Земельна ділянка, м. Тлумач

Результати агрохімічного аналізу ґрунту

	№	Показник	Одиниця виміру	Результат	Рівень забезпечення				
					Наднизький	Низький	Середній	Високий	Надвисокий
Макроел-ти	1	Азот нітратний	мг/кг	4,2					
	2	Азот лужногідролізований	мг/кг	112					
	3	Фосфор рухомий (по Чірікову)	мг/кг	410					
	4	Калій рухомий (по Чірікову)	мг/кг	163					
Загальні	5	Органічна речовина	%	6,0					
	6	pH водної витяжки		6,8	Нейтральна				
	7	pH сольової витяжки		5,7	Близька до нейтральної				
	8	Засоленість загальна	мг/100г	35	Незасолений ґрунт				

Рис. 4.1.1. Агрохімічний аналіз зразків ґрунту, відібраних на земельних ділянках для інтродукції *Origanum vulgare* L.

Згідно з результатами лабораторних досліджень, земельна ділянка в місті Тлумач (зразок № 2) за вихідним рівнем нітратного азоту, що становить 4,2 мг/кг, удвічі перевищує показник дендропарку «Дружба» в Івано-Франківську (зразок № 1), де зафіксовано лише 2,0 мг/кг. Аналогічна статистична перевага спостерігається і за вмістом лужногідролізованого азоту, показники якого в Тлумачі сягають 112 мг/кг проти 70 мг/кг у дендропарку, що створює передумови для більш інтенсивного нарощування надземної біомаси рослин на перших етапах їхньої вегетації [190].

Така контрастність об'єктів дослідження є надзвичайно важливою з наукової точки зору, оскільки дозволяє одночасно оцінювати як потенціал максимальної продуктивності на багатих субстратах, так і адаптивну пластичність та стійкість

інтродуцента в умовах, наближених до природних виснажених ценозів, що характерно для ділянки в Івано-Франківську.

Особливу увагу в ключі мінерального живлення привертає різниця у вмісті рухомого фосфору, який на Тлумаччині досягає надвисокого значення 410 мг/кг, тоді як у зразку № 1 цей показник становить 111 мг/кг [190]. Такий високий фосфорний фон у поєднанні з вищою концентрацією рухомого калію (163 мг/кг у Тлумачі проти 95 мг/кг в Івано-Франківську) може виступити ключовим фактором прискореного розвитку кореневої системи та стимулювання генеративної фази, забезпечуючи при цьому вищу резистентність рослин до можливих посушливих періодів [190].

Фундаментальною відмінністю також є рівень акумуляції органічної речовини, вміст якої у зразку № 2 становить 6,0%, що класифікує цей ґрунт як високозабезпечений порівняно з 2,5% у дендропарку «Дружба», де нижча частка гумусу може обмежувати аерацію та вологоємність субстрату [190]. Показники кислотності на обох об'єктах перебувають у межах фізіологічного оптимуму для *Origanum vulgare* L., варіюючи від нейтральних значень у Тлумачі (рН 6,8) до слаболужних в Івано-Франківську (рН 7,2), при цьому схожа буферна здатність ґрунтів підтверджується близькими значеннями сольової витяжки – 5,7 та 5,8 відповідно [190].

Попри загальну відсутність токсичного впливу солей, оскільки обидва зразки ґрунтів класифікуються як незасолені з показниками 35 мг/100 г та 19 мг/100 г, земельна ділянка в місті Тлумач разом із високим потенціалом свідчить про певні ризики для успішної інтродукції. Зокрема, надмірна концентрація фосфору може спровокувати явище іонного антагонізму, блокуючи доступність цинку та заліза, що в умовах регіону часто призводить до виникнення фізіологічного хлорозу. Крім того, поєднання високого вмісту азоту (112 мг/кг) та значної частки органіки (6,0%) на Тлумаччині створює небезпеку «жирування» рослин, що загрожує зниженням вмісту ефірних олій та погіршенням зимостійкості пагонів.

Додатковим фактором ризику на цій ділянці є вищий рівень загальної засоленості та нейтральне середовище, що за несприятливих кліматичних умов може стимулювати розвиток патогенної мікрофлори та корневих гнилей, тоді як надлишок рухомого калію в кількості 163 мг/кг здатен порушити катіонний баланс, ускладнюючи поглинання магнію та пригнічуючи інтенсивність фотосинтезу, що в підсумку може негативно позначитися на загальному біологічному стані інтродуцентів саме на ділянці з найвищими агрохімічними показниками.

Візуальний аналіз представлених зразків ґрунту (рис. 4.1.2) демонструє глибоку морфологічну диференціацію між двома обраними локаціями, що виявляється насамперед у контрастному кольоровому спектрі та структурній організації субстратів.



Рис. 4.1.2. Ґрунт з обраних земельних ділянок для проведення інтродукції: *а) зразок ґрунту з дендропарку «Дружба»; б) зразок ґрунту із земельної ділянки в м. Тлумач*

Зразок із дендропарку «Дружба» має виражений світло-рудий відтінок, який у сухому стані виглядає тьмяним, що візуально свідчить про низьку концентрацію фарбувальних органічних сполук та переважання мінеральної пилюватої фракції. Структура цього ґрунту є неоднорідною, наявні дрібні щільні грудки, які при

механічному впливі легко розпадаються на дрібнозернистий пил, що вказує на слабку природну агрегацію частинок.

На противагу цьому, зразок із земельної ділянки в місті Тлумач характеризується радикально іншою колористикою, він має глибокий, насичений темно-чорний колір, який рівномірно розподілений по всій масі зразка. Така інтенсивність пігментації є класичною ознакою високої акумуляції гумусових речовин, що робить цей ґрунт візуально «важчим» та енергоємним.

Структурна організація тлумацького зразка відрізняється вираженою зернистістю. Ґрунтові агрегати мають округлу форму та виглядають більш вологоємними, що створює враження пухкості та гарного насичення землі повітрям.

Огляд поверхні зразків також дозволяє зауважити, що зразок із Тлумача виглядає більш однорідним за своїм гранулометричним складом, тоді як у зразку з дендропарку помітні мінеральні домішки та дрібні капілярні порожнини, що вказує на його легшу текстуру.

Загальний візуальний статус Тлумацької ділянки свідчить про її високий потенціал до утримання тепла та вологи, тоді як світлий субстрат із дендропарку, ймовірно, швидше втрачатиме воду та повільніше накопичуватиме сонячну енергію, що є критично важливим для термінів проростання інтродуцентів навесні.

Результати агрохімічного та морфологічного аналізу ґрунтів експериментальних ділянок свідчать про наявність двох контрастних сценаріїв для інтродукції *Origanum vulgare* L. на Передкарпатті. Встановлено, що ділянка в м. Тлумач (зразок № 2) характеризується високим стартовим потенціалом: вміст органічної речовини (6,0%) та нітратного азоту (4,2 мг/кг) суттєво перевищує показники дендропарку «Дружба» (2,5% та 2,0 мг/кг відповідно). Надвисокий рівень рухомого фосфору (410 мг/кг) та калію (163 мг/кг) у Тлумачі створює передумови для інтенсивного розвитку кореневої системи та прискореного переходу до генеративної фази, проте передбачає ризики іонного антагонізму та

«жирування» рослин, що може знизити вміст ефірних олій і погіршити зимостійкість.

Візуальна та структурна диференціація субстратів підтверджує дані лабораторних досліджень: темно-чорний зернистий ґрунт Тлумаччини свідчить про високу акумуляцію гумусу та кращу вологоємність, тоді як світло-рудий пиловатий субстрат дендропарку вказує на легшу текстуру та нижчу забезпеченість органікою. Обидві ділянки мають оптимальний рівень кислотності (рН 6,8–7,2) та класифікуються як незасолені. Таким чином, порівняння цих об'єктів дозволяє оцінити адаптивну пластичність *Origanum vulgare* L. як в умовах високої родючості, так і на відносно виснажених субстратах, що моделює природні умови зростання виду.

РОЗДІЛ 5. ОНТОГЕНЕЗ ТА АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ІНТРОДУКОВАНИХ ОСОБИН *ORIGANUM VULGARE* L.

5.1. Інтродукція *Origanum vulgare* L. на території дендрологічного парку «Дружба». Фенологічне дослідження інтродукованих особин першого року життя

Процес інтродукції материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.) на базі дендропарку «Дружба», що розташований у місті Івано-Франківськ, розпочався з реалізації стратегічно важливого етапу – відбору та підготовки генетичного матеріалу, який безпосередньо походив із насінневого банку парку.

Методика інтродукції передбачає безпосередній висів насіння у відкритий ґрунт, що дозволяє із самого початку відстежувати повний життєвий цикл виду в нових екологічних умовах від проростання проростків і до формування стійкої популяції.

Особлива увага під час планування наукового експерименту була приділена вибору локації, оскільки едафічні та мікрокліматичні параметри ділянки є визначальними факторами для синтезу вторинних метаболітів та накопичення ефірних олій у лікарській сировині. Для закладання дослідної плантації було обрано земельну ділянку, розташовану на рівнинній місцевості, що забезпечує рівномірний розподіл опадів та запобігає небажаній ерозії ґрунту або застою талих вод, які могли б негативно вплинути на кореневу систему материнки. Рівнинний рельєф також сприяє стабільному прогріванню ґрунтового профілю, що є критично важливим для теплолюбної культури *Origanum vulgare* L. у весняний період.

Вирішальним фактором при виборі конкретного сегмента території дендропарку став режим інсоляції, оскільки материнка звичайна за своєю біологічною природою належить до світлолюбних рослин (геліофітів), і рівень сонячної радіації прямо корелює з інтенсивністю фотосинтезу та морфометричними показниками пагонів. Обрана ділянка характеризується відкритим доступом до прямого сонячного освітлення протягом усього світлового

дня (рис. 5.1.1), що мінімізує конкуренцію за світло з деревно-чагарниковими насадженнями парку та створює оптимальний енергетичний баланс для розвитку рослин.

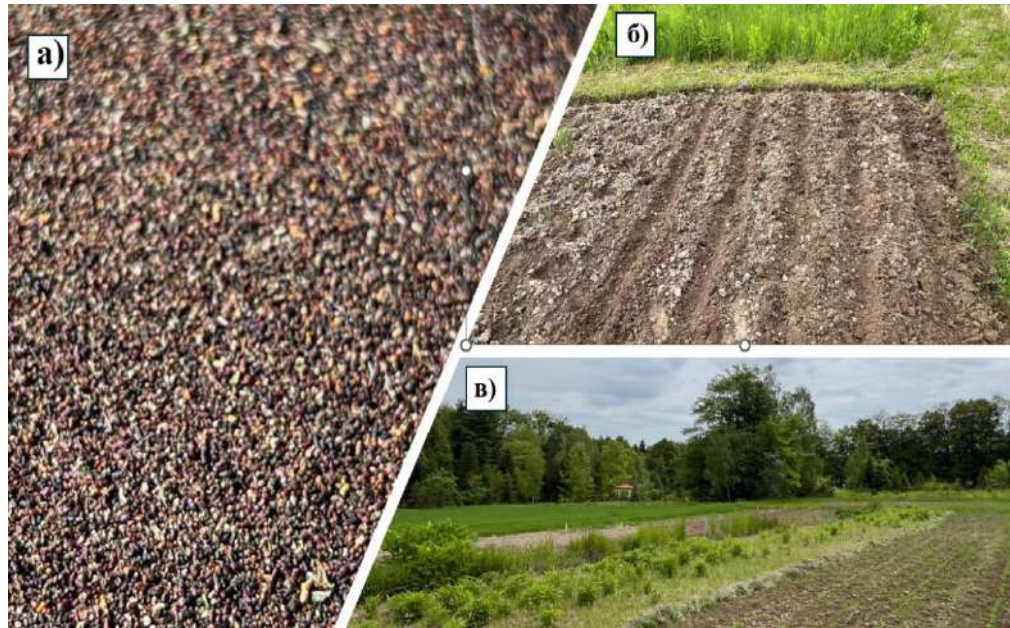


Рис. 5.1.1. Інтродукція *Origanum vulgare* L. на території дендропарку «Дружба»: а) насіння обране для посадки; б) частина підготовленої ділянки для здійснення інтродукції; в) умови дендропарку

Такий високий рівень інсоляції стимулює не лише вегетативний ріст, а й закладає фундамент для рясного цвітіння, яке є ключовим для збору якісної сировини.

Варто зазначити, що територія дендропарку «Дружба» виступає унікальним полігоном для таких досліджень, оскільки вона поєднує в собі антропогенне навантаження міського середовища та збережену екосистему паркової зони. Роботи проводилися з дотриманням усіх агротехнічних вимог до глибини висіву та щільності посадки, що разом з належним розташуванням на сонячній рівнині дозволяє прогнозувати отримання репрезентативних даних щодо розвитку материнки.

Насіння *Origanum vulgare* L. дрібне, у вигляді пороху, вага тисячі насінин дорівнювала 0,86 грама. Для інтродукції було відібрано 1000 насінин на 8 м². Процедура посіву здійснювалась на початку квітня. Вихід рослин зі стану спокою та перші сходи зафіксовані всередині квітня (рис. 5.1.2).



Рис. 5.1.2. Перші сходи *Origanum vulgare* L.

Етап проростання насіння є однією з найбільш критичних та складних фаз в онтогенезі рослин [192]. Цей період супроводжується інтенсифікацією метаболічних процесів, спрямованих на трансформацію запасних речовин у мобільні сполуки, необхідні для гістогенезу та активного росту проростка [192]. У насінні, що розвивається за оптимальних умов, біохімічні реакції чітко скоординовані; при цьому на активність ферментних систем вирішальний вплив чинять як ендогенні фактори (вміст біологічно активних речовин), так і екзогенні чинники навколишнього середовища [192].

Поява сім'ядоліх листків у цей час є критичною точкою переходу від гетеротрофного до автотрофного живлення. На етапі сходів фіксацію проростання насінин вели впродовж чотирнадцяти днів, було визначено 924 молоді особини, що проросли з насіння. Цей результат дозволяє простежити схожість насіння, що дорівнює 92,6% [189; 193; 194].

У перші дні травня було зареєстровано перехід особин до ювенільної стадії розвитку, що характеризується якісними морфологічними змінами у структурі

рослин (рис. 5.1.3). У цей період молоді рослини почали активно формувати перші пари справжніх листків, які за своїми анатомо-морфологічними ознаками вже демонстрували типові риси виду.



Рис. 5.1.3. Ювенільна стадія розвитку *Origanum vulgare* L.

Поява справжнього листя стала поштовхом до початку фази активної вегетації. Висота пагона особин у ювенільній стадії розвитку становила $2,76 \pm 0,70$ см (рис. 5.1.4) [189; 194; 195].

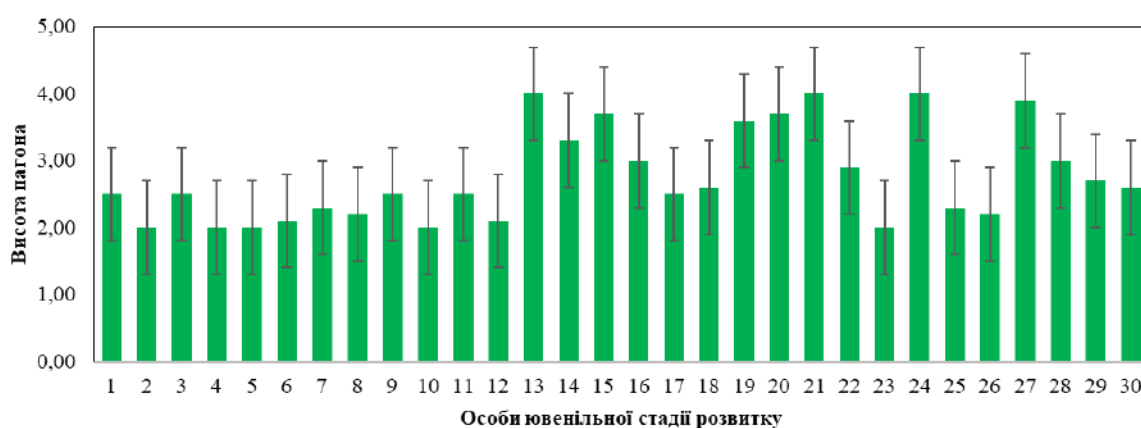


Рис. 5.1.4. Результати вимірювання довжини пагона особин *Origanum vulgare* L. в ювенільній стадії розвитку

Особлива увага приділялася морфометричному аналізу асиміляційного апарату, що є ключовим індикатором успішності адаптації. Дослідження встановили, що довжина листя молодих особин варіювала в діапазоні від 1,00 см до 1,20 см. Середнє арифметичне значення цього показника становило $1,06 \pm 0,29$ см [195]. Паралельно аналізували параметри ширини листкових пластинок, які коливалися від 0,5 см до 1 см. Середнє значення ширини зафіксовано на позначці $0,60 \pm 0,21$ см (рис. 5.1.5). Такі морфометричні дані вказують на формування типової для виду яйцеподібної форми листя [193; 195; 196].

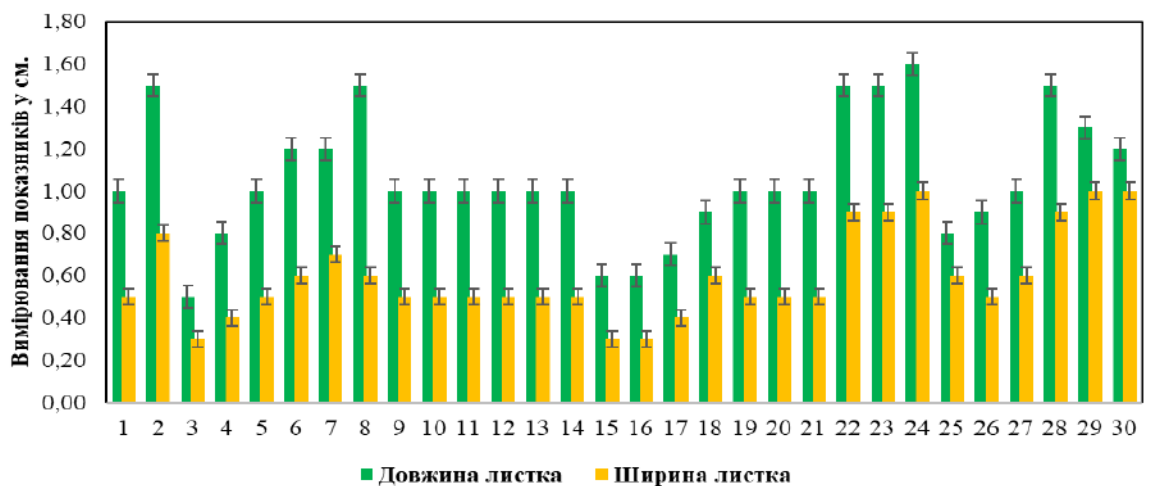


Рис. 5.1.5. Морфометричні параметри листкового апарату особин *Origanum vulgare* L. в ювенільній стадії розвитку

Кількість дрібних листків на одному пагоні варіювала від 8 до 12 штук. Міжвузля характеризувалися невеликою відстанню між листками, що коливалася в межах від 0,5 см до 1 см із середнім показником $0,79 \pm 0,23$ см. Паралельно відбувалося активне формування кореневого апарату для надійної фіксації рослин у субстраті [189; 195].

Довжина кореня сягала від 2,00 до 6,00 см (середнє значення – $3,47 \pm 1,19$ см). Такі темпи коренеутворення вказують на ефективне використання поживних ресурсів ґрунту.

Перехід особин *Origanum vulgare* L. в іматурну стадію розвитку зафіксований у середині травня. Відбувся характерний стрибок у морфогенезі та швидкий лінійний ріст надземної частини (рис. 5.1.6).

Відстань між вузлами – від 0,60 см до 1,00 см. (середнє значення $0,85 \pm 0,16$ см), що вказує на поступове видовження міжвузлів порівняно з попередніми фазами онтогенезу [193].

Коренева система теж активно розвивається, і довжина головного кореню на іматурній стадії розвитку становить від 5 см до 12 см (середнє значення – $10,02 \pm 1,56$ см) [194].



Рис. 5.1.6. Іматурна стадія розвитку особин виду *Origanum vulgare* L.:

а) зафіксована на ділянці; б) збільшення міжвузля та пагона; в) зміна кореневої системи

На цьому етапі спостерігалось значне видовження головного пагона, висота якого варіювала в діапазоні від 5,00 до 14,0 см (рис. 5.1.7) [189; 193; 194]. Середнє арифметичне значення висоти становило $10,54 \pm 2,45$ см, що свідчить про активні процеси клітинного поділу та успішну адаптацію інтродуцентів до світлових умов рівнинної ділянки.

Такий темп вертикального росту вказує на початок формування скелетної структури куща, що є характерною ознакою іматурного стану, коли рослина втрачає ювенільні риси та готується до подальшого розгалуження.

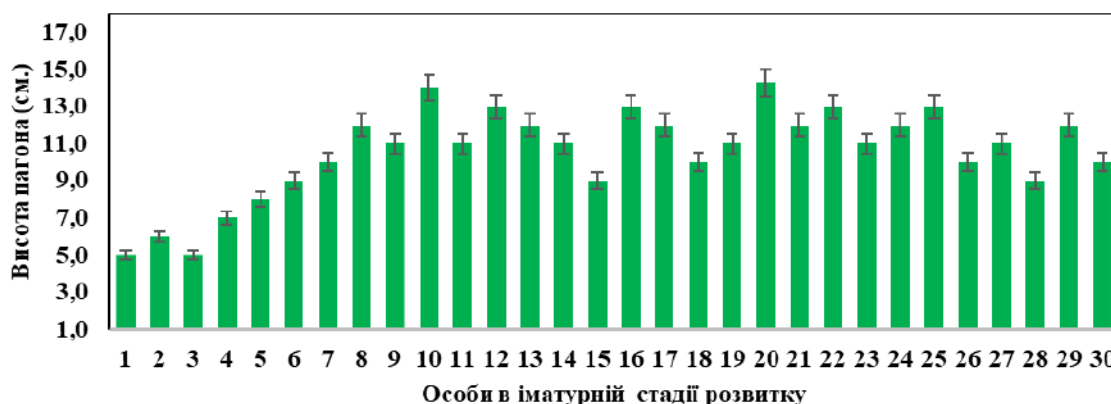


Рис. 5.1.7. Варіація показників висоти пагона у осіб в іматурній стадії *Origanum vulgare* L.

Кількість листків на пагоні на цій стадії варіює від 12 до 16 штук, що свідчить про помірну інтенсивність листкоутворення, проте акцент розвитку зміщується на збільшення лінійних розмірів уже сформованих пластинок та подовження міжвузлів. Довжина листя демонструє висхідну динаміку і варіює від 1,00 до 1,60 см, при цьому середнє значення становить $1,50 \pm 1,20$ см [196].

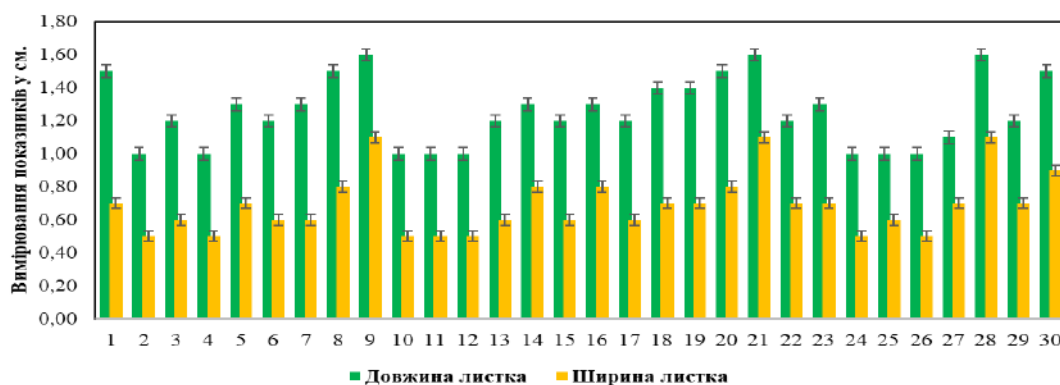


Рис. 5.1.8. Варіація показників листкової пластини на іматурній стадії особин *Origanum vulgare* L.

Ширина листкових пластинок натовість сягає значень від 0,50 см до 1,10 см із середнім показником $0,69 \pm 0,18$ см (рис. 5.1.8.) [196; 197]. Такі морфометричні зміни вказують на активне розширення фотосинтетичної поверхні, що є необхідною умовою для накопичення пластичних речовин перед майбутніми етапами розгалуження та бутонізації в умовах інтродукції.

Віргінільна стадія розвитку інтродукованих особин припала на кінець травня (рис. 5.1.9). Вона знаменує підготовку рослини до переходу в генеративний стан. Цей період характеризується максимальною фізіологічною активністю, спрямованою на накопичення органічної маси [193; 195; 196]. Саме на віргінільній стадії розпочинається процес інтенсивного кушіння, закладання та розвиток бічних пагонів.



Рис. 5.1.9. Віргінільна стадія розвитку *Origanum vulgare* L.: а) особини зафіксовані в цій стадії розвитку; б) активне кушіння та ріст; в) розвиток бічних пагонів, збільшення розмірів рослини

На віргінільній стадії рослина досягає своїх типових морфологічних параметрів, але ще не витрачає енергію на формування репродуктивних органів. Успішне проходження цієї фази визначає не лише врожайність поточної вегетації, а й життєздатність багаторічної популяції *Origanum vulgare* L. в умовах культури.

Висота пагона стрімко змінювалась протягом вимірювань (рис. 5.1.10). У віргінільній стадії розвитку значення сягали від 16 см до 36 см (середнє значення – $27,7 \pm 1,39$ см) [189; 196].

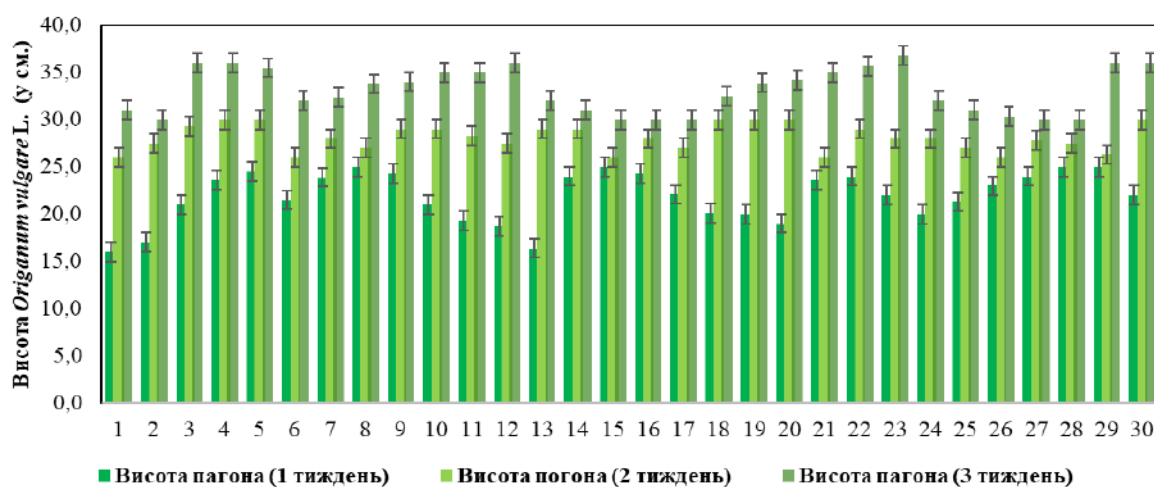


Рис. 5.1.10. Зміна висоти пагона особин *Origanum vulgare* L. віргінільної стадії розвитку

З активним розвитком додаткових пагонів та розгалуженням куща загальна кількість листків на одній особині значно зростає, коливаючись у діапазоні від 18 до 40 одиниць (рис. 5.1.11).

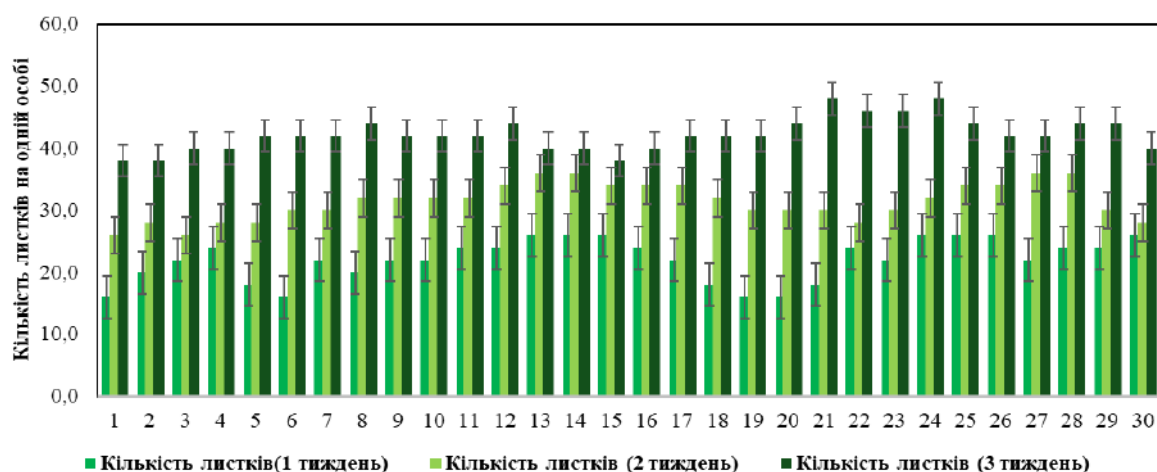


Рис. 5.1.11. Показник листкоутворення у особин *Origanum vulgare* L. під час віргінільної стадії розвитку

Така висока інтенсивність листкоутворення свідчить про активне закладання вузлів на нових пагонах другого порядку, що є ключовою морфологічною ознакою цієї стадії розвитку. Листки розміщені супротивно, при цьому в кожному вузлі формується парна кількість листових пластинок.

В інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. на віргінільній стадії розвитку спостерігалися також зміни через характерне збільшення площі листової пластинки (рис. 5.1.12) [189]. Зокрема, довжина листової пластинки в досліджуваних екземплярах коливалася в діапазоні від 1,50 см до 2,50 см [195; 196]. Розраховане середнє арифметичне значення цього показника становить $1,84 \pm 0,76$ см, що вказує на помірну пластичність ознаки в межах досліджуваної вибірки.

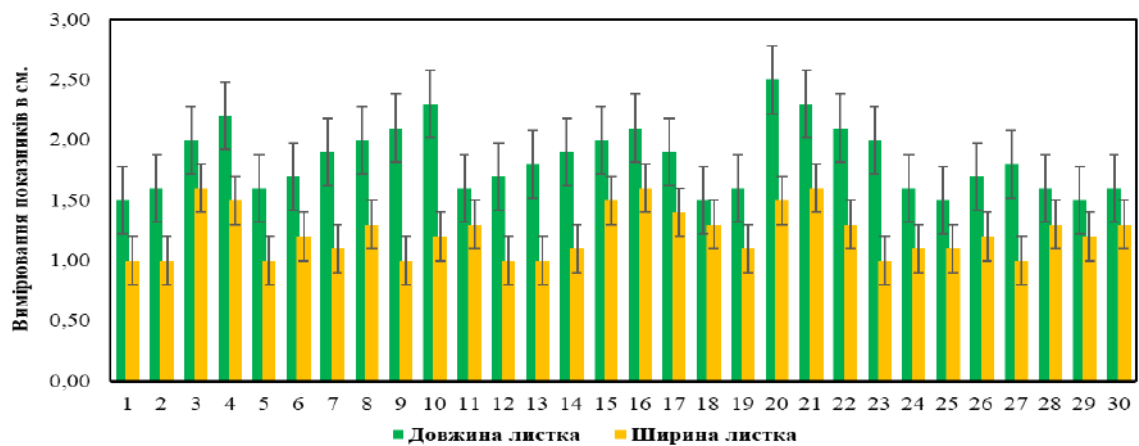


Рис. 5.1.12. Ростові процеси листової пластини інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. віргінільної стадії розвитку

Паралельно з подовженням спостерігається пропорційне розширення. Ширина листка варіювала в межах від 1,00 см до 1,60 см. Середній показник за цим параметром було зафіксовано на рівні $1,23 \pm 0,20$ см [197]. Разом із видовженням пагона та утворенням нових листків змінилась і відстань між вузлами. Її значення коливались від 1,00 см до 3,50 см, середнє значення становило $2,68 \pm 0,59$ см [193; 194].

У ході віргінільної стадії розвитку активно формується кореневище, яке стає основою для майбутнього вегетативного розмноження, саме в цей період відбуваються суттєві зміни в структурі кореневої системи. Вона значно розгалужується, поступово переходячи від стрижневого типу до кореневищно-мичкуватого. Завдяки масовій появі численних додаткових корінців, що відходять від кореневища, у верхньому шарі ґрунту формується щільна та міцна «сітка». Ця структура не лише забезпечує стійкість рослини, але й дозволяє їй надійно закріпитися в землі для подальшого розростання в куртини. Довжина кореня в особин цієї стадії розвитку варіювала в межах від 15,0 см до 26,0 см (середнє значення – $20,6 \pm 3,54$ см) [189; 196]. Такі дані підтверджують інтенсивний ріст та утворення складної розгалуженої системи, характерної для дорослої рослини.

Генеративний період розвитку інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. чітко диференціюється на три підетапи. Кожен із них характеризується специфічними морфологічними ознаками та різним рівнем репродуктивної активності [194; 196; 197].

Перший підетап представлений молодими генеративними особинами. Цей стан є перехідним і визначається початком формування репродуктивних органів. Основними ознаками тут є закладання суцвіть та активна фаза бутонізації, що свідчить про готовність рослини до першого цвітіння.

Наступним підетапом є середньовіковий генеративний стан, який вважається піком життєдіяльності рослини. Він характеризується фазою масового та активного цвітіння. У цей період *Origanum vulgare* L. досягає максимальних показників розвитку як вегетативних, так і репродуктивних органів. Саме на цьому етапі спостерігається найвища інтенсивність обмінних процесів, що забезпечує ефективне запилення та життєздатність майбутнього насіння.

Завершальною фазою є старий генеративний стан, що настає після припинення активного цвітіння (рис. 5.1.13).

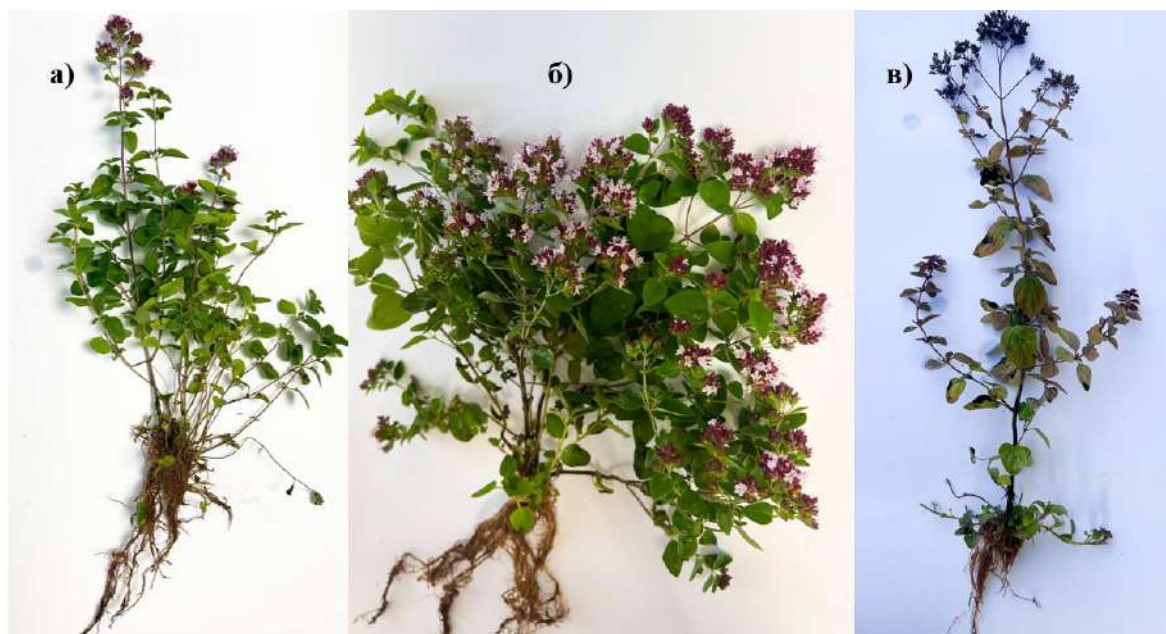


Рис. 5.1.13. Генеративна стадія розвитку інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. Першого року: а) молоді генеративні рослини; б) середньовікові генеративні рослини; в) старі генеративні рослини

Головним біологічним завданням рослини на цьому етапі стає формування та визрівання насінин. Залежно від того, на якому етапі генеративного періоду перебували рослини, змінювалися показники висоти надземної частини (рис. 5.1.14).

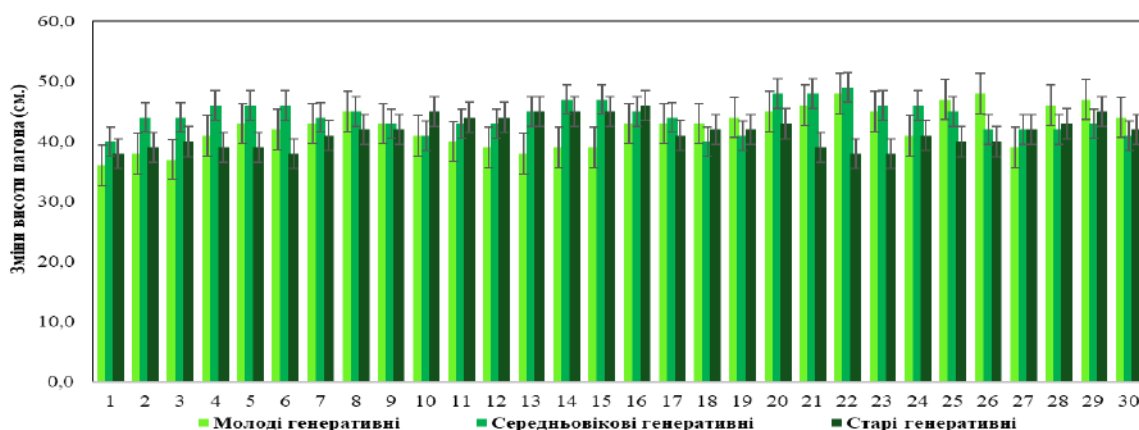


Рис. 5.1.14. Зміни висоти пагона інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. залежно від етапу генеративного періоду

Молоді генеративні рослини *Origanum vulgare* L. за висотою мало перевищують особин у вергінільній стадії розвитку. Висота рослин сягала від 36,0 см до 48,0 см, середнє значення $42,43 \pm 3,35$ см [196]. Середньовікові генеративні фактично не зазнали змін у висоті пагона (від 40,0 см до 48,0 см, середнє значення – $44,2 \pm 2,44$ см). А от старі генеративні особи навпаки з ослабленням генеративних та вегетативних органів зазнали зменшення наземної частини розмірах. Висота пагона коливалася від 38,0 до 46,0 см ($41,6 \pm 2,50$ см) [196; 197].

У молодих генеративних особин у період бутонізації налічувалося від 1 до 7 щитоподібних суцвіть ($4,27 \pm 1,62$). У кожному суцвітті нараховується від 9 до 19 квіток ($14,23 \pm 2,93$), вони ще не цвітуть, тільки поодинокі квіти можуть розкритися на цій генеративній стадії ($0,20 \pm 0,40$) [196].

Середньовікові генеративні рослини відрізняються найвищим ступенем життєздатності та яскравим цвітінням. У середньовікових генеративних рослин нараховується від 3 до 7 щитоподібних суцвіть ($5,67 \pm 1,21$), кількість квітів в одному суцвітті коливається від 15 до 21 ($17,73 \pm 1,93$) штуки. Кількість квітів, що розпустилися, сягає від 13 до 20 штук ($16,67 \pm 2,41$) [196]. Сама квітка дуже маленька (усього 5–7 мм), рожевого або світло-пурпурового кольору. Вона має форму двогубої «труби». Квіти не ростуть поодинокі. Вони зібрані у невеликі, щільні, довгасті колоски. Саме ці колоски виглядають як маленькі темні «шишечки» або «пірчасті бутони» до того, як квіти повністю розкриються. Ці колоски натомість групуються на верхівках стебел. Вони утворюють щитки, а вся верхівка рослини разом із цими щитками називається волоттю.

Старі генеративні особини характеризуються зменшенням кількості суцвіть від 3 до 6 штук ($4,87 \pm 0,87$). Кількість квітів у суцвітті сягає мінімальних значень, від 12 до 16 штук ($14,13 \pm 1,72$), як і кількість квітів, що продовжують цвісти від 2 до 8 штук ($5,47 \pm 1,68$) [197]. У ході перебігу генеративної стадії розвитку спостерігається зміна показників цвітіння: спочатку вони збільшуються, але із закінченням генеративного періоду йдуть на спад (рис. 5.1.15).



Рис. 5.1.15. Генеративна здатність особин *Origanum vulgare* L. на першому році життя після процесу інтродукції

Утворення насінин відбувається всередині та наприкінці генеративного періоду. Після запилення квітів комахами, в основному бджолами, на місці квіток утворюється плід, який називають чотиригорішком. Він складається з чотирьох крихітних, гладеньких, темно-коричневих горішків округлої форми.

Коли насіння повністю дозріває, суцвіття висихає і стає бурим, а насінини легко висипаються при струшуванні. Стосовно листового апарату, зауважимо, що кількість листків теж зазнає трансформацій (рис. 5.1.16).

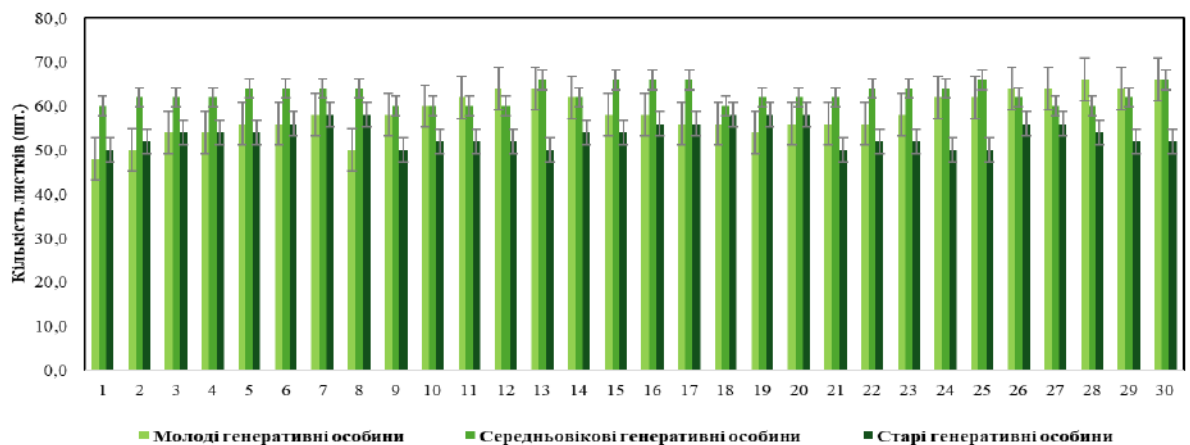


Рис. 5.1.16. Зміни кількості листків інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. залежно від підетапу стадії генеративного розвитку

Молоді генеративні особини *Origanum vulgare* L. нарощують від 48 до 64 штук ($58,40 \pm 4,83$) [195; 196], у той час кількість листків середньовікових генеративних особин коливається від 60 до 66 штук ($62,73 \pm 2,20$) [195]. Старі генеративні особини втрачають листки, тому їхня кількість налічувала від 50 до 58 штук ($53,67 \pm 2,78$) [195]. Схожі зміни відбуваються з листковим апаратом. Довжина листка є найбільшою в середньовікових генеративних рослин і становить від 3,50 см до 4,40 см ($3,90 \pm 0,30$ см.), ширина – від 2,00 см до 3,00 см ($2,48 \pm 0,28$ см) [194; 194]. Молоді генеративні особини характеризуються довжиною листка від 3,00 см до 4,00 см ($3,56 \pm 0,27$ см), шириною від 2,00 см до 3,00 см ($2,43 \pm 0,27$ см) [196; 197; 198].

У старих генеративних особин спостерігалось зменшення розмірів листкової пластинки, що пов'язано із загальним зниженням інтенсивності ростових процесів. Довжина листка в таких рослин скорочується до 2,80–3,90 см ($3,38 \pm 0,32$ см), а ширина становить від 1,80 см до 2,60 см (середнє значення – $2,16 \pm 0,24$ см) [194; 196].

Відстань між вузлами під час генеративного періоду *Origanum vulgare* L. змінюється залежно від етапу, проте чітко зростає. У молодих генеративних особин довжина міжвузля коливається від 3,50 см до 4,50 см ($3,84 \pm 0,27$ см) [195]. Найбільша відстань між верхніми вузлами, найменша – посередині пагона. У середньовікових генеративних рослин *Origanum vulgare* L. – 3,80 см до 4,50 см ($4,03 \pm 0,18$ см). У старих генеративних рослин зі зменшенням кількості листків на пагоні збільшується відстань між вузлами і сягає від 4,50 см до 5,50 см ($4,87 \pm 0,32$ см).

Довжина кореня в молодих генеративних рослин сягає від 26,0 см до 30,0 см ($27,99 \pm 1,33$ см). У середньовікових генеративних особин коренева система закріплюється та потовщується. Довжина кореня становить від 27,0 см до 35,0 см ($29,89 \pm 2,6$ см) [196]. Старі генеративні рослини не зазнають змін кореневої системи, вона більше не росте, проте залишається міцною та дерев'яніє.

Постгенеративний період характеризується втратою здатності цвітіння, насіння розсипається, листки жовтіють та опадають, уся наземна частина рослини відмирає, на зимівлю залишається тільки кореневище. Постгенеративний період інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. можна поділити на два підетапи – субсенильний та синильний.

Субсенильний період розвитку характеризується підготовкою особин до зимівлі. Кількість листків стрімко скорочується (від 36 до 28 штук), у середньому на одній особині $31,99 \pm 2,60$ штук. Нижні листки жовтіють і з часом опадають, а пагін натомість руйнується. Слід зазначити, що на початку субсенильного періоду розвитку, поки насіння залишається на пагоні (рис. 5.1.17), його висота варіюється в межах значень від 30,0 см до 39,0 см ($34,60 \pm 2,51$) [195].

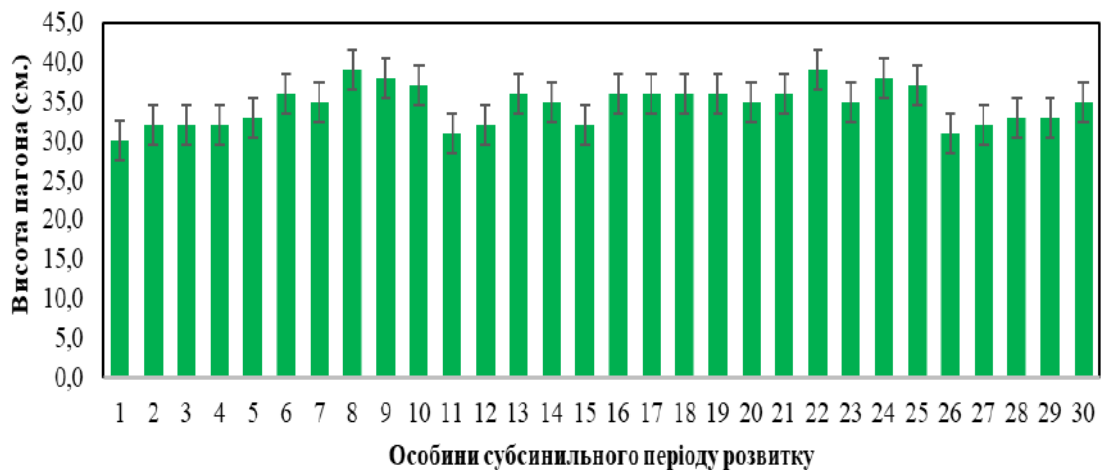


Рис. 5.1.17. Зміна висоти пагона особин *Origanum vulgare* L. у субсенильний період розвитку

Коренева система не зазнає змін у розмірах. Корінь залишається в субстраті на зимівлю. Наступного року кореневище дасть початок новому циклу життя. *Origanum vulgare* L. – багаторічна рослина.

Під час вивчення першого року онтогенезу *Origanum vulgare* L., інтродукованої з насіння на територію дендропарку «Дружба», слід зазначити про успішність адаптації цього виду до умов навколишнього середовища.

Про успіх процесу інтродукції також свідчить те, що, незважаючи на прогнози, *Origanum vulgare* L. на першому році життя пройшла генеративну стадію розвитку та дала насіння. Кількість отриманих насінин коливається від 44 до 84 штук з одного суцвіття, у середньому можливо отримати $66,67 \pm 9,65$ насінин. З 1 м² у ході дослідження було отримано 5,30 грамів насіння, що є чудовим показником для інтродукованої популяції першого року.

Отримана кількість насіння є підтвердженням успіху інтродукції. Оскільки демонструє ідеальний баланс між вегетативним ростом та репродуктивною функцією *Origanum vulgare* L.. Рослина змогла успішно пройти всі стадії онтогенезу від формування ювенільної розетки до повного дозрівання насіння, при цьому не виснажуючи своє кореневище.

5.2. Фенологічне дослідження інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. другого року життя

Для впевненості в успішності процесу інтродукції *Origanum vulgare* L. потрібно було провести додаткові спостереження за популяцією на території дендрологічного парку з фіксацією морфологічних та фенологічних ознак особин другого року життя.

Після зимівлі стадія проростків *Origanum vulgare* L. настала в квітні, проте через надмірну кількість опадів ювенільна стадія розвитку тривала до кінця місяця. Основним завданням періоду є активне відновлення вегетації шляхом проростання нових пагонів безпосередньо з кореневої системи.

Цей механізм базується на пробудженні вегетативних бруньок, що закладаються на кореневищах поблизу поверхні ґрунту. На початку вегетаційного періоду з підземних органів починають формуватися ювенільні пагони, які пробивають шар субстрату та виходять на поверхню (рис. 5.2.1).



Рис. 5.2.1. Ювенільна стадія розвитку особин *Origanum vulgare* L. на другому році життя

На відміну від первинного проростка, такі пагони мають вищу енергію росту, оскільки використовують накопичений у кореневій системі запас поживних речовин. Це забезпечує рослині швидке нарощування біомаси та формування міцного асиміляційного апарату вже на ранніх етапах другого року життя.

Висота пагона на цій стадії розвитку сягала від 2,00 см до 4,00 см. У середньому показник висоти пагона становив $2,76 \pm 0,70$ см. Щодо листкового апарату зауважимо, що кількість листків на цій стадії розвитку коливалася від 4 до 10 штук ($8,27 \pm 1,95$) [196]. Довжина листка становила від 0,30 см до 1 см ($0,63 \pm 0,22$ см). Розвиток ювенільних осіб відбувається на основі кореня, закладеного з минулого року, проте можна спостерігати появу нових кореневих відростків довжиною від 2 см до 5 см ($3,47 \pm 1,19$ см).

Іматурна стадія розвитку *Origanum vulgare* L. характеризується ростом пагона, розміри якого становили від 7 см до 15 см ($11,51 \pm 2,41$). Слід зазначити, що на іматурній стадії розвитку інтродукованої популяції другого року можна помітити поодинокі випадки куціння. Тобто, у порівнянні з першим роком, де процес утворення нових пагонів припадав на віргінільну стадію, тут куціння розпочинається значно швидше (рис. 5.2.2) [193; 194].



Рис. 5.2.2. Іматурна стадія розвитку осіб другого року *Origanum vulgare* L. зафіксована на ділянці досліджень

Можна стверджувати, що інтродуценти перенесли зимівлю успішно та накопили достатню кількість енергії, щоб проходити вегетацію. Таким чином, іматурна стадія стає важливим підготовчим етапом, під час якого закладається структурна основа майбутнього куща. Рослина зосереджує ресурси на вегетативному розростанні, що є необхідною умовою для подальшого переходу до віргінільної стадії розвитку, а згодом і генеративної. Кількість листків в особин на цій стадії розвитку значно збільшується, в основному на одній особині від 10 до 18 листків ($15,213 \pm 1,80$ шт.). Довжина листків сягає від 1,00 см до 1,50 см ($1,25 \pm 0,20$ см), а ширина – від 0,50 см до 1,10 см ($0,69 \pm 0,8$ см) [196]. Відстань між вузлами варіює від 0,60 см до 1,20 см ($0,86 \pm 0,17$ см). Коренева система, за нашими спостереженнями, щільна та здерев'яніла, нові додаткові корені сягають довжини від 5,00 до 10,6 см ($8,68 \pm 1,62$ см).

Віргінільна стадія розвитку (рис. 5.2.3), як і в осіб першого року, характеризується стрімким збільшенням вегетативної маси, утворенням великої кількості додаткових пагонів, кущінням, підготовкою популяції до переходу в генеративну фазу розвитку.



Рис. 5.2.3. Особи інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L., зафіксовані на віргінільній стадії розвитку

У середньому зміна висоти пагона за цей період відбувається в межах від 18,3 см до 53,0 см ($41,7 \pm 2,82$ см), що супроводжує значне збільшення рослини в розмірах (рис. 5.2.4).

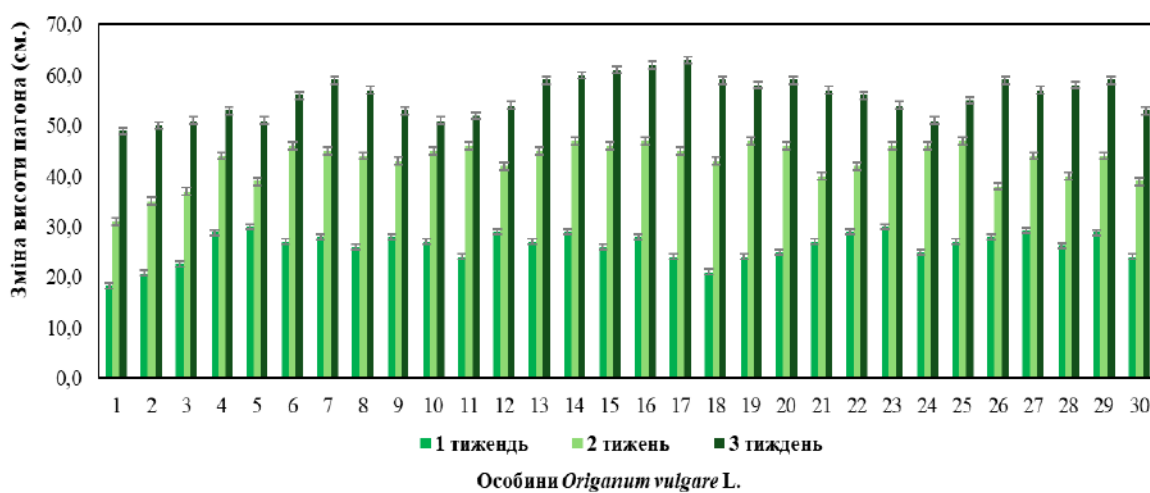


Рис. 5.2.4. Зміна показників висоти пагона особин *Origanum vulgare* L. на віргінільній стадії розвитку

Характерною особливістю цього стану є стрімке нарощування фотосинтетичної поверхні (кількість листків на одній особині збільшилася в чотири рази порівняно з попередніми етапами) (рис. 5.2.5) [195]. Це вказує на стрибок у розвитку рослини та її здатність до активного накопичення органічних речовин.

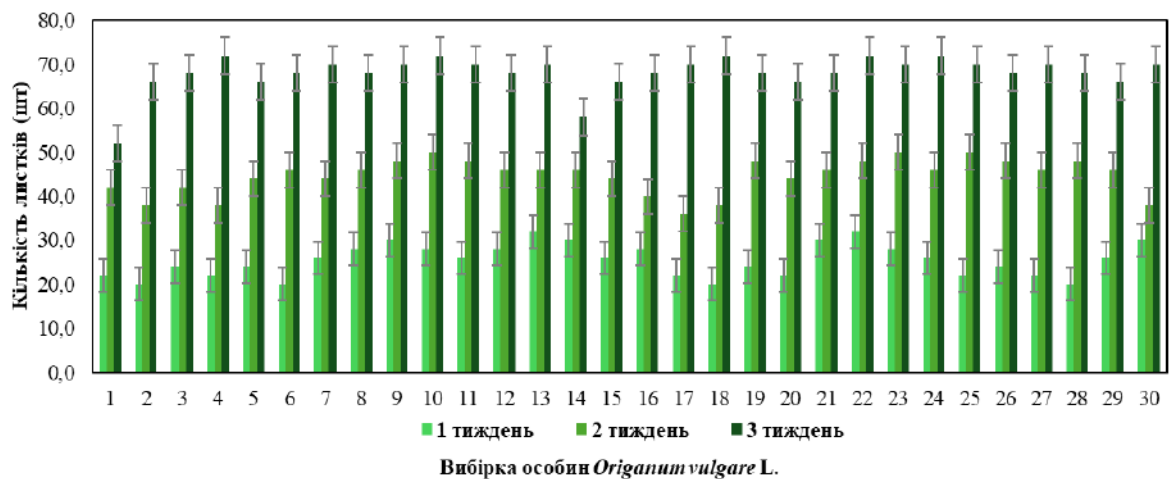


Рис. 5.2.5. Листкоутворення особин *Origanum vulgare* L. під час віргінільної стадії розвитку

Статистичний аналіз показав, що кількісний склад листкового апарату суттєво розширився. Кількість листків у досліджуваних особин варіювала в межах від 22 до 72 штук. Розраховане середнє значення для вибірки становить 46 штук, а показник стандартної похибки – $\pm 2,63$ штуки. Поверхня листків має дрібне опушення, що допомагає рослині утримувати вологу та захищає від перегріву.

Проведені щодо особливостей листкової пластини вимірювання показали, що довжина довжина листкової пластини коливається від 1,50 см до 2,50 см, середнє значення показника $1,84 \pm 0,28$ см (рис. 5.2.6) [197].

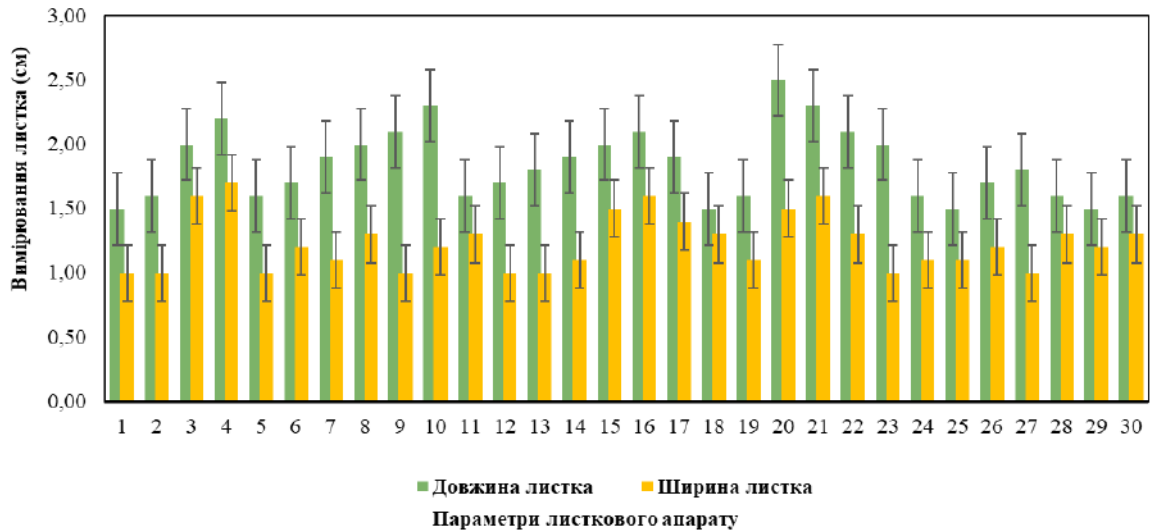


Рис. 5.2.6. Параметри листкової пластини особин *Origanum vulgare* L. віргінійської стадії розвитку

Ширина листкової пластини коливалася в значеннях від 1,00 до 1,60 см ($1,23 \pm 0,22$ см). Такі розміри разом із показниками довжини свідчать про формування повноцінного асиміляційного апарату, здатного забезпечити рослину необхідною енергією. Зі збільшенням кількості та розмірів листків змінилася відстань між вузлами (довжина міжвузлів). Збільшення листкової маси корелює з видовженням стебла, і відстань між вузлами на цій стадії становить від 1,50 см до 4,10 см, а середній показник досягає $2,73 \pm 0,68$ см [195].

Корінь на цій стадії розвитку важко відділяється. Кореневище здерев'яніле, міцно переплетене, воно значно потовщується та продовжує рости. Утворюються нові відростки. Довжина кореня в середньому становить $20,4 \pm 3,81$ см.

Перехід рослин у генеративну стадію розвитку відбувається шляхом утворення зелено-бурих бутонів на верхівці пагона (рис. 5.2.7).



Рис. 5.2.7. Зміна особин інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L. у генеративній стадії онтогенезу та особливості розвитку їхніх суцвіть: а) молоді генеративні; б) середньовікові генеративні; в) старі генеративні особини

Молоді генеративні рослини утворюють від 11 до 16 суцвіть ($14,07 \pm 1,48$ штук) [195]. Середньовікові генеративні рослини формують від 14 до 19 суцвіть ($15,43 \pm 1,25$ штук) на одному кущі. Старі генеративні особи повільно втрачають здатність до репродукції та утворюють від 3 до 7 суцвіть ($5,33 \pm 1,47$ штук).

Згідно з цими даними можемо спостерігати збільшення репродуктивної здатності інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L. на другому році життєдіяльності (рис. 5.2.8), що свідчить про успішне пристосування виду до умов середовища. На це також впливає значне потепління в регіоні, середня температура весною 2025 року дорівнювала $7,2 + 13,7 + 18,9$ °С; влітку становила $22,8 + 25 + 25,8$ °С; восени показники сягали $20,3 + 13,5 + 7$ °С.

Кількість квіток в одному суцвітті в молодих генеративних особин коливалася від 24 до 29 одиниць ($26,40 \pm 1,50$ шт.), у середньовікових генеративних

– від 24 до 31 ($26,90 \pm 2,25$ шт.), а в старих генеративних – від 11 до 19 ($14,80 \pm 2,51$ шт.) квіток у суцвітті [197].

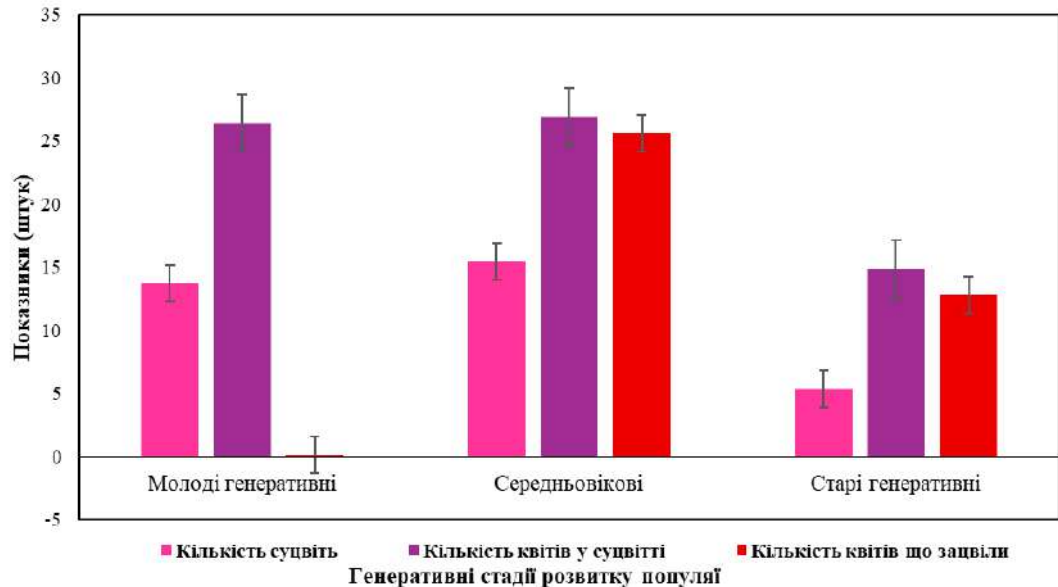


Рис. 5.2.8. Генеративна здатність особин *Origanum vulgare* L. на другому році життя

Також змін зазнавала і кількість квіток, які цвіли в різні періоди генеративного розвитку. У молодих генеративних осіб розпускалися поодинокі квітки ($0,17 \pm 0,59$ шт.), середньовікові особини популяції відзначалися найбільшим цвітінням, в одному суцвітті розцвітало від 23 до 30 квіток ($25,63 \pm 2,13$ шт.), старі генеративні особини від 9 до 17 квіток ($12,70 \pm 2,12$ шт.) [195].

Процес формування насіння *Origanum vulgare* L. починається з моменту запилення і завершується переходом рослини в стан спокою, тобто формування та дозрівання насіння захоплює середньовікову генеративну стадію розвитку популяції, стару генеративну та сенильну.

У середньовікових генеративних особин на одному суцвітті може утворюватися від 88 до 120 насінин ($102,53 \pm 8,50$), у старих генеративних – від 36 до 68 насінин ($50,80 \pm 8,48$). Така кількість утвореного врожаю є вдвічі більшою, ніж на першому році життя інтродукованих особин, що тільки закріплює успіх

процесу та підтверджує адаптацію *Origanum vulgare* L. у середовищі Передкарпаття. Популяція *Origanum vulgare* L. росте, розвивається та здатна накопичити достатню кількість енергії для формування насіння. З 1 м² вдалося зібрати 9,02 грамів насіння, що значно збагачує банк насіння дендропарку та дозволяє збільшувати площу висадки *Origanum vulgare* L. [197].

Плід *Origanum vulgare* L. є чотиригорішком (рис. 5.2.9). Він складається з чотирьох окремих крихлих часток (горішків), які розвиваються на дні чашечки квітки.

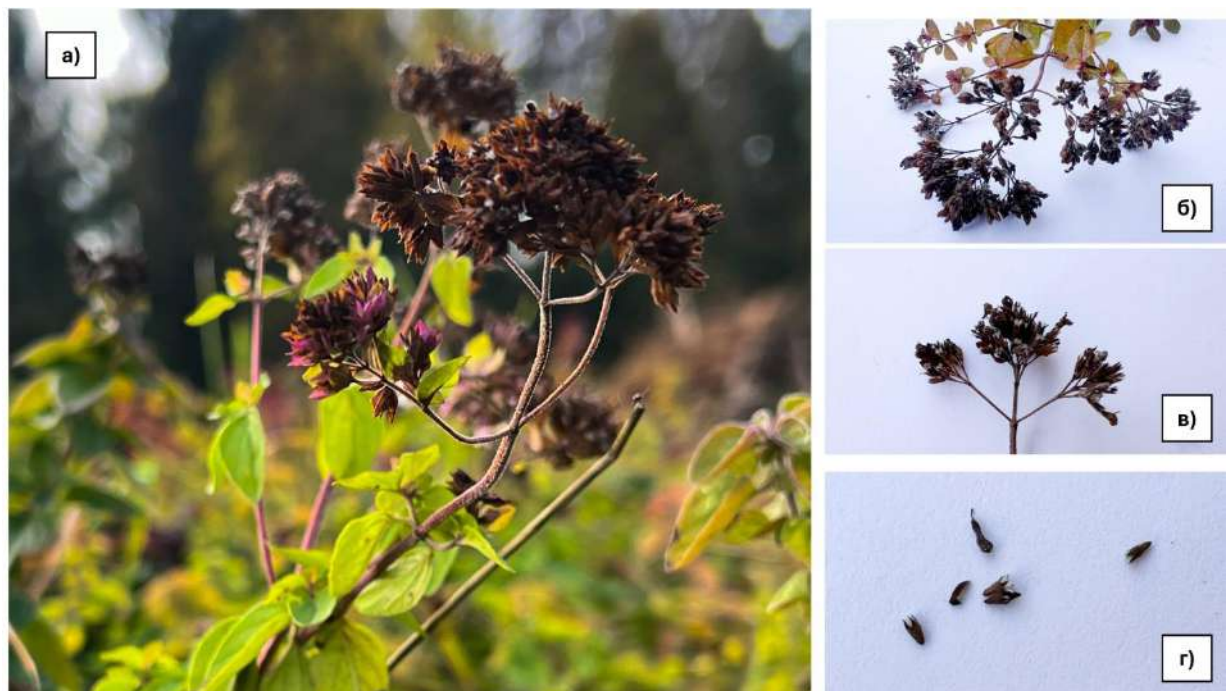


Рис. 5.2.9. Дозрівання насіння інтродукованих особин популяції *Origanum vulgare* L.: а) утворення та затвердіння чотиригорішка; б) дозрівання насіння; в) сухе суцвіття; г) висипання горішків з суцвіття

У міру дозрівання суцвіття висихає і змінює колір із рожевого на темно-коричневий, а самі горішки стають твердими, гладенькими та набувають темно-коричневого або чорного забарвлення. Ознакою повної стиглості є легке висипання горішків із сухих суцвіть при механічному впливі або поривах вітру.

Ростові процеси верхньої частини рослин *Origanum vulgare* L. у генеративній стадії розвитку характеризуються певними змінами (рис. 5.2.10).

Молоді генеративні особи характеризуються висотою пагона в межах від 64,0 до 72,0 см ($68,90 \pm 2,48$ см), пагін середньовікових генеративних особин коливався від 65 до 76 см ($70,73 \pm 3,48$ см), а в старих генеративних від 62 до 70 см ($66,20 \pm 2,89$ см), що свідчить про зворотний процес росту пагона та ослаблення життєвих показників.

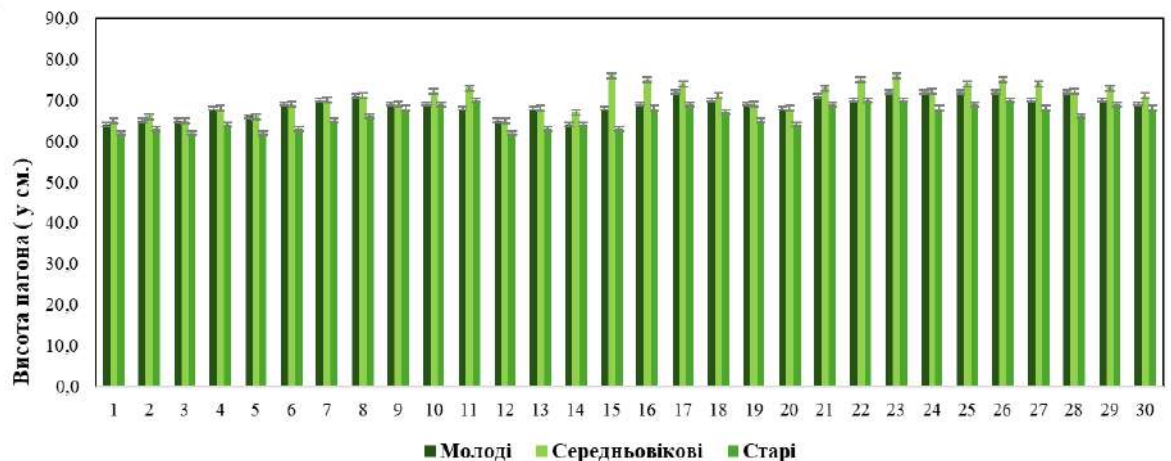


Рис. 5.2.10. Зміни висоти пагона *Origanum vulgare* L. залежно від підетапу генеративної стадії розвитку популяції

Утворення нових листків на генеративній стадії розвитку уповільнене. Молоді генеративні особини мали від 96,0 до 106,0 листків, середнє значення сягало $103,47 \pm 3,86$ штук. У той час у середньовікових генеративних особин кількість листків коливалася від 110 до 120 штук ($117,3 \pm 3,78$ шт.).

Старі генеративні особини разом зі зниженням активності процесів життєдіяльності також зазнавали втрати листків, вони жовтіли і відмидали в напрямку від основи пагона до його верхівки. Кількість листків становила від 78,0 до 90,0 штук ($84,0 \pm 3,60$ шт.).

Параметри листової пластини не надто відрізнялися на різних підетапах генеративної стадії розвитку популяції. У молодих генеративних особин середнє

значення довжини листкової пластини становило $3,51 \pm 0,33$ см, у середньовікових – $3,52 \pm 0,34$ см, а у старих генеративних особин – $3,50 \pm 0,31$ см [194; 195]. Ширина листкової пластини в молодих та середньовікових генеративних особин була однаковою, середнє значення становило $2,74 \pm 0,35$ см, а в старих генеративних $2,51 \pm 0,33$ см.

Аналіз архітектоніки пагонів *Origanum vulgare* L. у генеративному періоді демонструє чітку тенденцію до подовження міжвузлів у міру старіння особини. Цей показник є важливим індикатором ростових процесів, оскільки він визначає вертикальну структуру рослини та щільність розміщення листя і суцвіть на стеблі. У молодих генеративних особин популяції *Origanum vulgare* L. відстань між вузлами становила $3,84 \pm 0,30$ см, у середньовікових генеративних – $4,08 \pm 0,20$ см, а в старих генеративних середнє значення міжвузля дорівнювало $4,48 \pm 0,39$ см.



Рис. 5.2.11. Субсенільний етап розвитку *Origanum vulgare* L.: а) пожовтіння листя в популяції на початку стадії та сухі суцвіття з насінням; б) морфологічні зміни листя; в) залишки суцвіття після опадання насіння

Наступним етапом є субсенільний (рис. 5.2.11). Можна схарактеризувати субсенільний етап розвитку *Origanum vulgare* L. як етап поступового згасання основних життєвих функцій, що відображається на морфометрії всіх органів рослини [194; 195].

Хоча рослина ще зберігає значні вегетативні параметри, вона повністю втрачає здатність до генеративного розмноження, про що свідчать нульові показники кількості суцвіть та квіток. Суцвіття сухі, призначені для зберігання насіння та його розповсюдження.

Висота пагонів в особин на цьому етапі варіює від 38,0 см до 51,0 см, при середньому значенні $45,80 \pm 3,50$ см. Такі показники свідчать про припинення активного росту вгору (рис. 5.2.12).

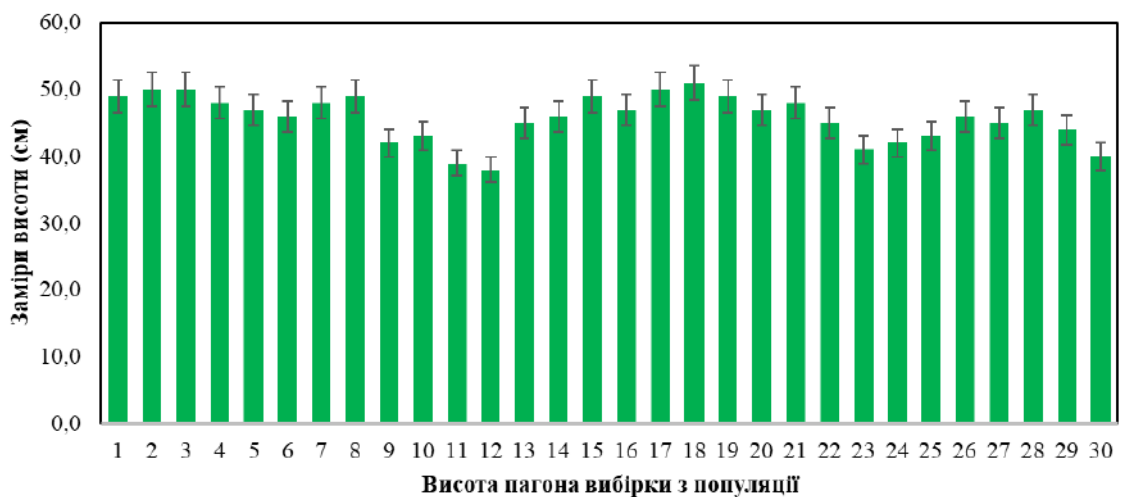


Рис. 5.2.12. Висота пагона субсенільних особин *Origanum vulgare* L.

Листковий апарат залишається досить чисельним, у середньому $62,13 \pm 4,36$ штук на пагін (мінімально 56, максимально 70 штук), проте самі листки стають дрібнішими порівняно з піком генеративної стадії. Довжина листкової пластинки становить $2,43 \pm 0,17$ см, а ширина – $1,38 \pm 0,19$ см [194; 195]. Зменшення розмірів листка при збереженні їхньої кількості є типовою ознакою старіння та зниження інтенсивності фотосинтезу.

Особливу увагу привертає зовнішня організація стебла, відстань між вузлами в середньому становить $5,68 \pm 0,36$ см. Це підтверджує раніше помічену тенденцію до видовження міжвузлів у старих рослин, що призводить до формування розрідженої структури пагона. Підземна частина демонструє певну стабільність: довжина кореневої системи коливається від 26,0 см до 30,0 см (середнє значення $27,99 \pm 1,31$ см), що забезпечує підтримку життєздатності організму, попри припинення репродуктивних процесів. Рослина переходить у фазу деструкції, де основні ресурси витрачаються на підтримання вегетативної структури без можливості подальшого розмноження.

Сенильна стадія розвитку *Origanum vulgare* L. характеризується остаточною деградацією вегетативної сфери та повним припиненням репродуктивних процесів. На цьому етапі життєвого циклу спостерігається відмирання надземної частини рослини, що підтверджується нульовими показниками висоти пагонів, кількості листків та параметрів листкової пластинки.

Основним органом, що підтримує життєздатність особини на цій фазі, залишається коренева система. Проте і в підземній частині спостерігаються значні коливання, що свідчить про поступове руйнування кореневища.

Відсутність будь-яких проявів генеративної активності є абсолютною. Це свідчить про повне вичерпання біологічного потенціалу рослини. На відміну від субсенільного етапу, де ще зберігалися пагони та листя, сенильна стадія візуалізується лише залишками підземних структур. Таким чином, морфометричні дані підтверджують, що сенильний період є завершальною фазою деструкції організму.

Важливим етапом оцінки біологічної продуктивності *Origanum vulgare* L. є визначення кількісного виходу сухої сировини з одиниці площі (рис. 5.2.13).

Під час експериментального збору, проведеного на дослідній ділянці площею 1 м^2 , було заготовлено 2005 грамів свіжої надземної біомаси. Цей показник є прямим індикатором вегетативної потужності популяції та відображає здатність

рослин максимально накопичувати органічну речовину протягом вегетаційного періоду.

Для отримання кондиційної сухої речовини зібрану масу піддали процесу дегідратації (сушіння) до досягнення постійної ваги. Після завершення цього етапу маса сухої сировини становила 976 грамів. Порівняльний аналіз початкових та фінальних показників свідчить, що в процесі випаровування вологи було втрачено 1029 грамів маси, що є фізіологічно обґрунтованим для трав'янистих багаторічників на стадії повного розвитку.

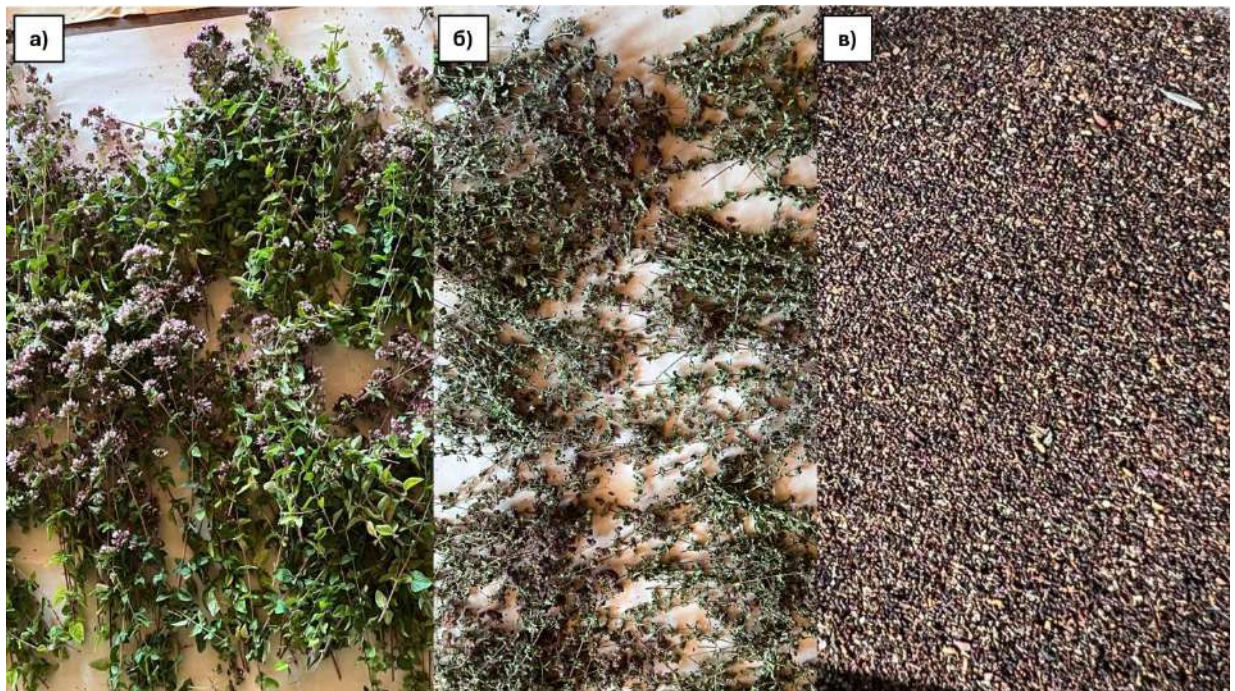


Рис. 5.2.13. Показники біологічної продуктивності *Origanum vulgare* L.: а) сира сировина; б) вихід сухої сировини; в) отримане насіння

Аналіз отриманих біометричних показників дає вагомі підстави стверджувати про успішність інтродукції *Origanum vulgare* L. в аналізованому регіоні. Високий вихід сухої речовини на рівні 976 г/м² значно перевищує середні показники для дикорослих популяцій, що вказує на сприятливі екологічні умови та високий адаптаційний потенціал виду.

Окрім сухої маси, з 1 м² було отримано 8,05 грамів насіння. Показник насіннєвої продуктивності є фінальним підтвердженням повної адаптації *Origanum vulgare* L. до умов вирощування на Передкарпатті. Такий результат свідчить про успішне завершення репродуктивного циклу, що є головним критерієм успішності інтродукції. Це дозволяє прогнозувати не лише високу врожайність лікарської сировини, а й можливість створення власного насіннєвого фонду для подальшого розширення площ культивування, що робить цей вид надзвичайно перспективним для регіону.

5.3. Інтродукція *Origanum vulgare* L. насінням на території земельної ділянки в місті Тлумач (Передкарпаття)

Процес інтродукції *Origanum vulgare* L. на території Тлумаччини розпочався з відбору та підготовки насіння. Для створення однакових умов насіння було взято із насіннєвого банку дендропарку «Дружба» [190]. Методика інтродукції передбачала безпосередній висів насіння у відкритий ґрунт. Обрана ділянка характеризується відкритим доступом до прямого сонячного освітлення протягом усього світлового дня.

Насіння *Origanum vulgare* L. дрібне, у вигляді пороху, вага тисячі насінин дорівнювала 0,86 грама. Для інтродукції було відібрано 1000 насінин на 3 м². Процедура посіву здійснювалася на початку квітня.

Вихід рослин зі стану спокою та перші сходи зафіксовані всередині квітня. На етапі сходів фіксацію проростання насінин вели впродовж чотирнадцяти днів, було визначено 302 молоді особини, що проросли з насіння. Цей результат дозволяє простежити схожість насіння, що становить 30,2% [190; 195].

Найімовірніше, показник схожості на рівні 30,2% в умовах відкритого ґрунту м. Тлумач може бути зумовлений не лише біологічними особливостями насіння, а й специфічними кліматичними чинниками. Оскільки посів проводили в чорнозем, структура та фізико-хімічні властивості цього типу ґрунту в поєднанні з інтенсивними опадами суттєво вплинули на проростання насіння [190]. Мала вага,

відсутність глибокої посадки в ґрунт та значна кількість опадів безпосередньо після висіву призвела до механічного змивання дрібного насіння. Особливості чорноземів Тлумаччини за умови надмірного зволоження можуть створювати несприятливе середовище для проростання [190].

Чорнозем має високу вологоємність, проте після інтенсивних дощів його верхній шар схильний до запливання та утворення щільної ґрунтової кірки. Це детермінує зниження провідності води всередині. Дрібне насіння, «забите» в такий щільний субстрат, опиняється в умовах дефіциту кисню [190]. Через слабку енергію проростка воно не здатне пробити механічний опір верхнього шару, що, найімовірніше, призвело до загибелі проростків ще до виходу на поверхню [190].

Ювенільна стадія розвитку *Origanum vulgare* L. на першому році інтродукції характеризується активним формуванням базових вегетативних структур. Висота пагонів становить від 2,00 см до 4,00 см, у середньому $2,76 \pm 0,70$ см, що вказує на компактну форму росту, типову для молодих особин, які адаптуються до мікроклімату приземного шару повітря (рис. 5.3.1) [190; 197].

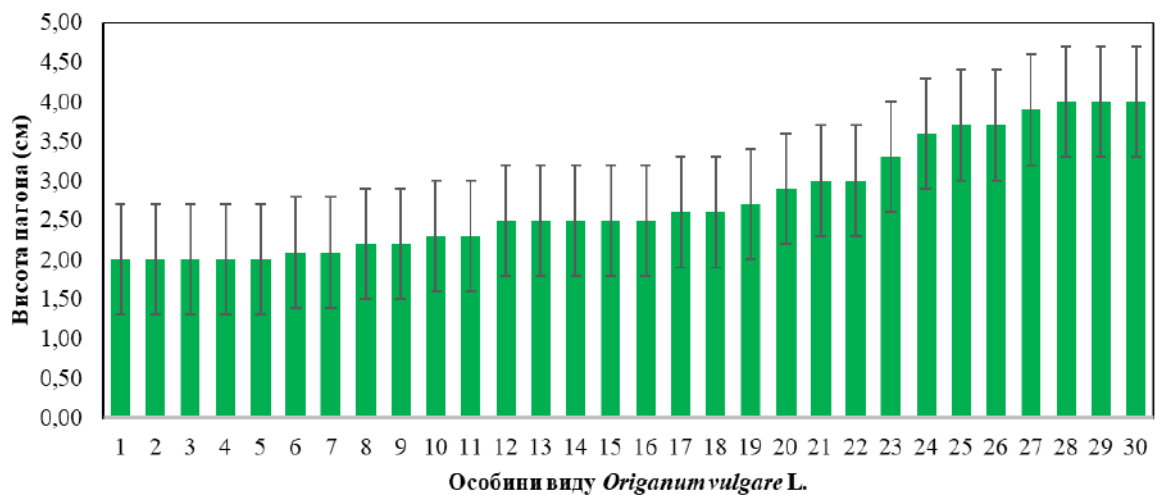


Рис 5.3.1. Зміна висоти пагона у популяції *Origanum vulgare* L. віргінільної стадії розвитку

Кількість листків на одній рослині варіює від 8,00 до 12,00 штук ($10,33 \pm 1,41$ шт.), що забезпечує необхідну площу для фотосинтезу при невеликих лінійних розмірах самої пластинки (рис. 5.3.2) [190; 195].

Довжина листка коливається в межах 0,50-1,50 см. ($1,04 \pm 0,27$ см.), а ширина 0,30-1,00 см. ($0,60 \pm 0,21$ см.). При цьому структура пагона залишається стислою: відстань між вузлами становить лише 0,40–1,00 см. ($0,79 \pm 0,23$ см.), що надає рослині вигляду густої вегетативної розетки [190; 197].

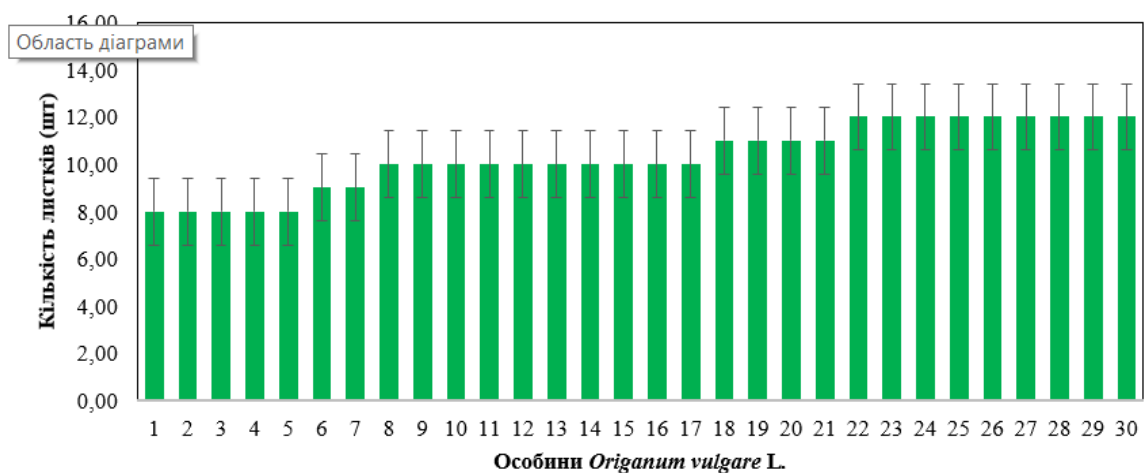


Рис. 5.3.2. Варіація кількості листків особин *Origanum vulgare* L. у ході ювенільної стадії розвитку

Розвиток підземної сфери суттєво випереджає ріст надземної частини, що є стратегічно важливим для виживання інтродуцентів. Довжина кореня на ювенільній стадії сягає від 1,90 см до 5,50 см ($3,47 \pm 1,17$ см), забезпечуючи надійну фіксацію та поглинання поживних речовин із ґрунту [190; 195].

На іматурній стадії розвитку інтродукованих особин *Origanum vulgare* L. спостерігається суттєве зростання пагона (рис. 5.3.3.).

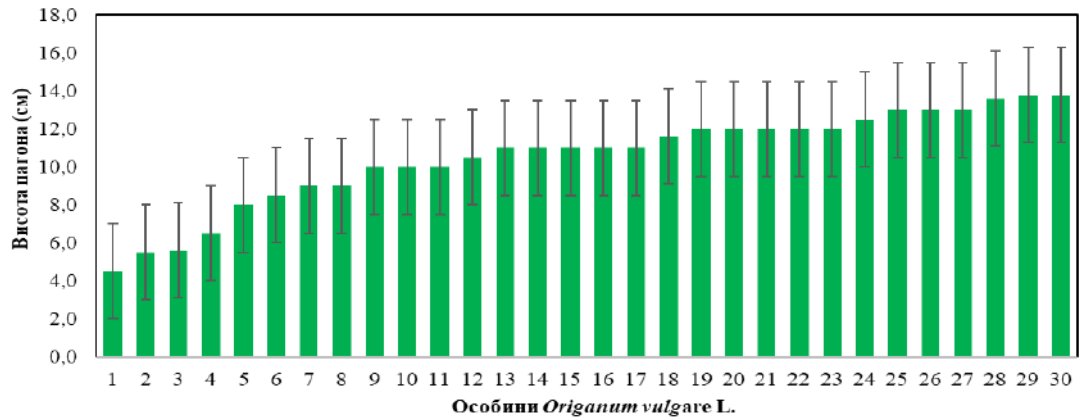


Рис 5.3.3. Зміна висоти пагона популяції *Origanum vulgare* L. під час іматурної стадії розвитку

Згідно з отриманими морфометричними даними, висота пагонів у цей період варіює від 4,50 см до 13,80 см, у середньому висота пагона однієї особини становить $10,55 \pm 2,5$ см [197]. Така динаміка супроводжується перебудовою стебла, відстань між вузлами видовжується і сягає значень від 0,60 см до 1,50 см ($0,90 \pm 0,21$ см), що дозволяє рослині ефективніше розподіляти листя в просторі для оптимального вловлювання світла. Листковий апарат іматурних особин зазнає трансформацій, збільшуючи свою кількість до 10,00–16,00 штук ($13,67 \pm 1,75$ шт.) на одну рослину.

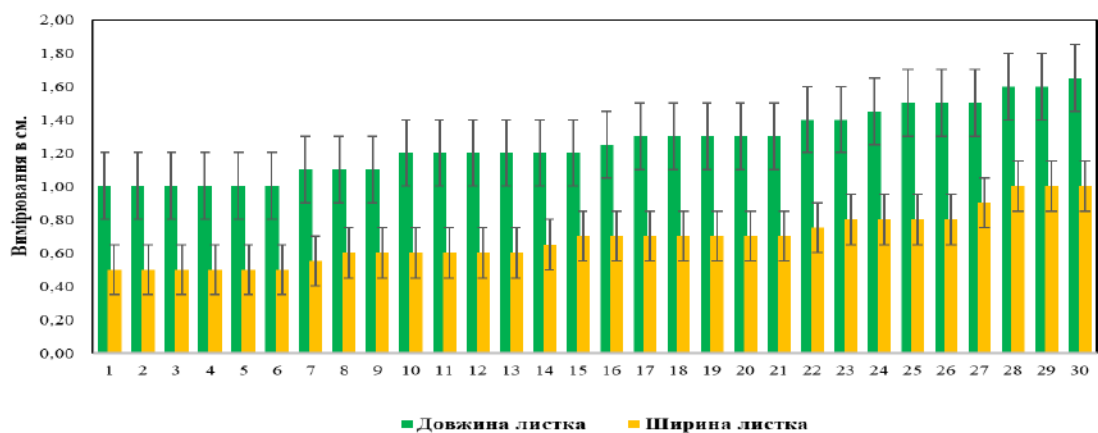


Рис. 5.3.4. Показники ширини та довжини листової пластини у популяції *Origanum vulgare* L. в іматурній стадії розвитку

Самі листкові пластинки стають більшими: їхня довжина становить від 1,00 см до 1,65 см ($1,26 \pm 0,20$ см), а ширина коливається в межах 0,50–1,00 см, у середньому показник становить $0,69 \pm 0,15$ см (рис. 5.3.4) [190; 194; 197]. Розширення фотосинтетичної поверхні є критично важливим для накопичення поживних речовин перед першою зимівлею.

Паралельно з надземною частиною активно розвивається підземна сфера, де довжина кореневої системи сягає від 6,50 см до 13,50 см, у середньому довжина кореня однієї особини становить $10,16 \pm 1,51$ см [197]. Співвідношення, за якого довжина кореня часто дорівнює або перевищує висоту пагона, свідчить про пріоритетність формування міцного кореневища.

Віргінільна стадія розвитку *Origanum vulgare* L. є ключовим етапом інтродукції. У цей період рослини демонструють значну інтенсифікацію ростових процесів, що свідчить про успішну адаптацію до нових екологічних умов.

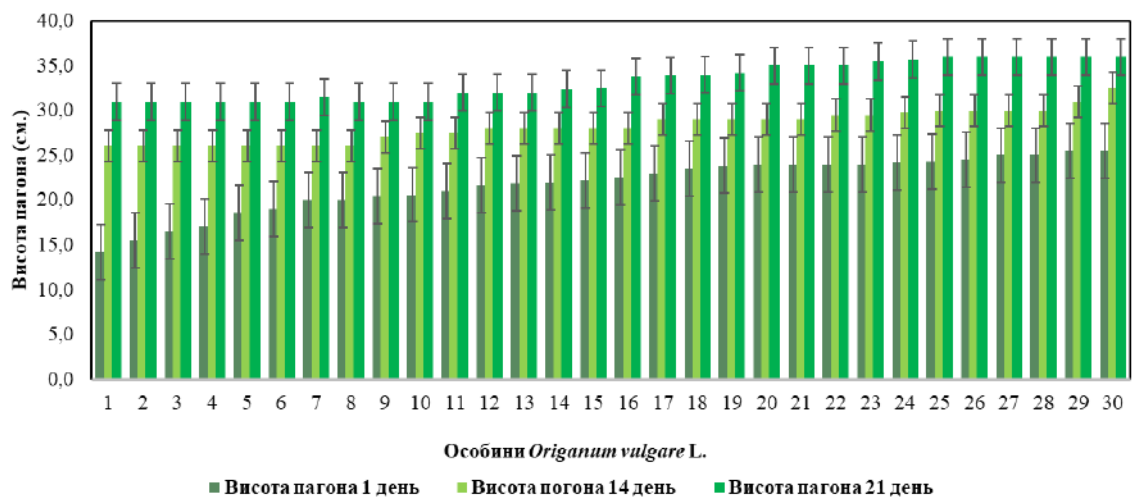


Рис. 5.3.5. Зміни у висоті пагона популяції *Origanum vulgare* L. у ході віргінільної стадії розвитку

Висота пагонів у віргінільних особин демонструє істотне наростання порівняно з іматурним станом: середня висота становить $27,8 \pm 2,22$ см, при цьому показники варіюють від 14,2 см до 36,0 см (рис. 5.3.5).

Така динаміка вказує на формування повноцінного скелета куща, а відстань між вузлами, яка становить від 1,50 см до 4,50 см ($2,74 \pm 0,75$ см), дозволяє стратегічно розосередити листя в просторі для оптимізації світлового режиму [190; 195].

Кількісні та якісні показники листового апарату на цій стадії також досягають високих значень (рис. 5.3.6).

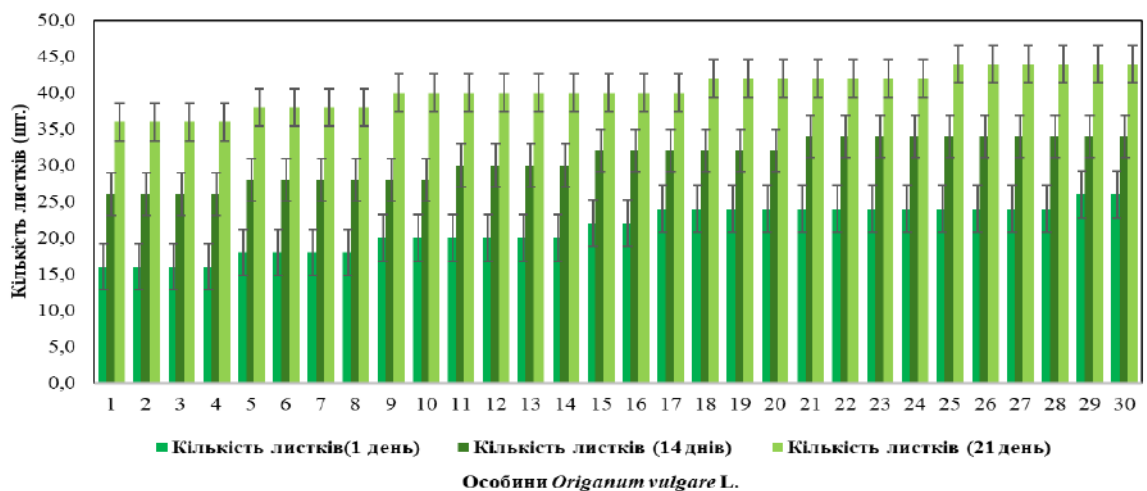


Рис. 5.3.6. Кількість листків на особинах *Origanum vulgare* L. у ході віргінільної стадії розвитку

На одній особині фіксується збільшення кількості листків від 16,0 до 44,0 штук (у середньому $30,9 \pm 2,87$ шт. на 21 день), що забезпечує потужний фотосинтетичний потенціал.

Морфометрія листової пластинки *Origanum vulgare* L. характеризується довжиною від 1,50 см до 2,50 см ($1,86 \pm 0,30$ см) та шириною від 1,00 см до 1,60 см ($1,22 \pm 0,18$ см) [197], що дозволяє рослині накопичувати значні запаси енергії для майбутнього цвітіння. Також змінюється підземна сфера: довжина головного кореня варіює від 14,00 см до 26,00 см, у середньому показник дорівнює $20,1 \pm 3,81$ см, що гарантує надійну фіксацію та живлення рослини (рис. 5.3.7).

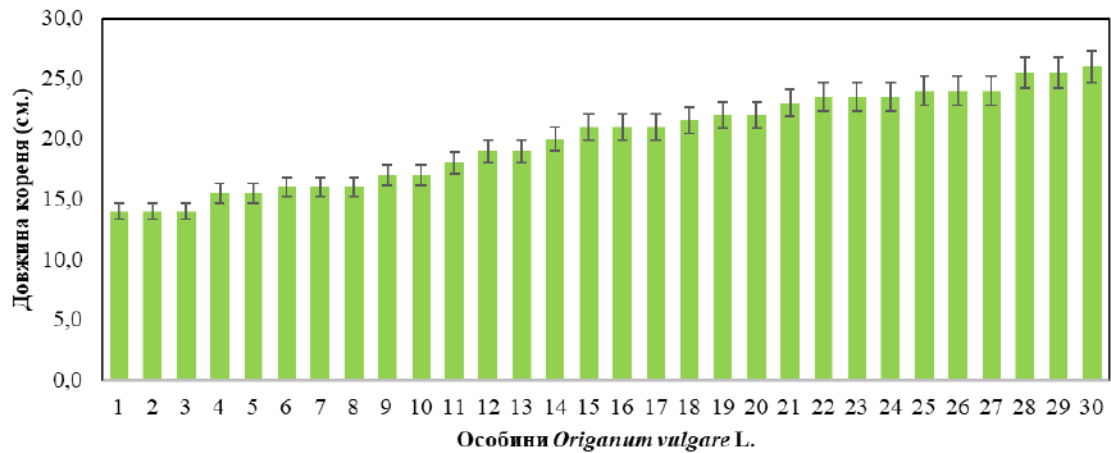


Рис. 5.3.7. Динаміка росту кореня особин популяції *Origanum vulgare* L. у віргінільній стадії розвитку

Сформований кореневий апарат підтверджує, що інтродукція материнки відбувається за сприятливим сценарієм, а рослини успішно нарощують біомасу та зберігають стабільність морфологічних ознак.

Генеративний період інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L. представляє собою цілісний процес репродуктивної реалізації, під час якого морфологічні показники послідовно змінюються від фази становлення до етапу старіння. На цій стадії молоді генеративні особини демонструють значну інтенсифікацію ростових процесів та якісну перебудову морфологічної структури пагонів.

На початковому етапі молоді генеративні особини формують пагін висотою від 36,0 см до 45,0 см, у середньому показник становить $41,13 \pm 3,03$ см, що майже ідентично показникам середньовікових рослин, де висота пагона (рис. 5.3.8) коливається від 37,0 см до 45,0 см ($42,56 \pm 2,06$ см) [197], проте згодом на підетапі старих генеративних рослин спостерігається зниження параметрів висоти пагона (рис. 5.3.9) від 41,0 см до 33,0 см ($38,17 \pm 2,73$ см) [190; 197].

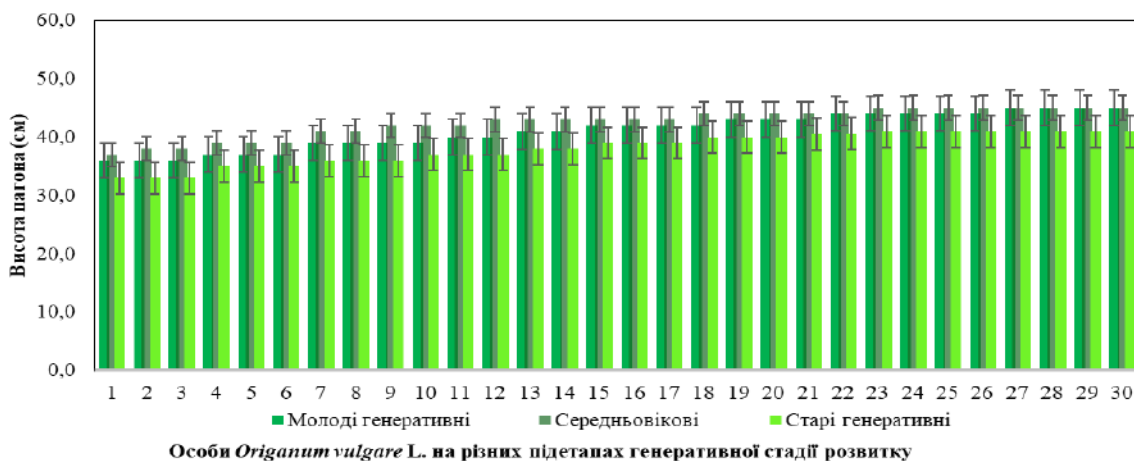


Рис. 5.3.8. Зміни у висоті пагона популяції *Origanum vulgare* L. на різних підетапах генеративної стадії розвитку

Динаміка листкового апарату демонструє поступове наростання потужності (рис. 5.3.9) до моменту повного розквіту, коли кількість листків збільшується з 48,00–66,00 штук ($57,33 \pm 5,23$ шт.) у молодих особин до стабільних 58,00–66,00 штук ($62,20 \pm 2,59$ шт.) у середньовікових, після чого на старих генеративних особинах їхня кількість помітно скорочується до 44,00–54,00 штук ($48,33 \pm 2,73$ шт.).

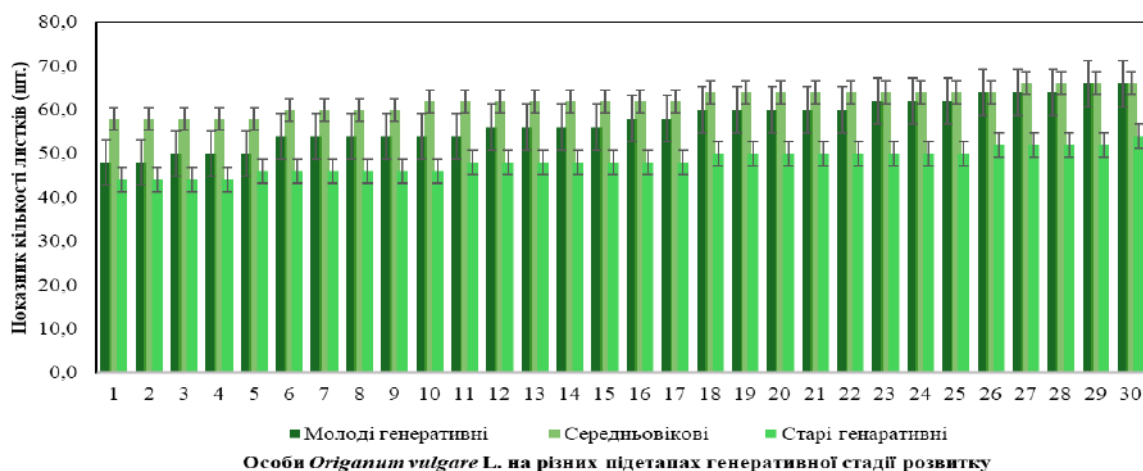


Рис. 5.3.9. Зміни кількості листків популяції *Origanum vulgare* L. на різних підетапах генеративної стадії розвитку

Аналогічна тенденція простежується і в розмірах листкової пластинки: якщо в молодих генеративних рослин довжина листка становить 3,00–4,00 см, у середньому значення сягає $3,51 \pm 0,28$ см, то в середньовікових генеративних осіб вона досягає від 3,20 до 4,40 см ($3,81 \pm 0,34$ см), а під кінець генеративного циклу зменшується до 2,50–3,50 см ($2,92 \pm 0,35$ см) [197].

Аналіз ширини листкової пластинки протягом генеративного періоду інтродуцентів підтверджує загальну закономірність наростання фотосинтетичної потужності до моменту повного розквіту з подальшою редукцією на етапі старіння.

На початковій стадії розвитку молодих генеративних особин ширина листка становить 2,00–2,80 см, у середньому $2,40 \pm 0,23$ см [197]. Досягаючи середньовікового генеративного стану, цей показник зростає до свого максимуму 2,00–3,00 см ($2,41 \pm 0,26$ см). У старих генеративних особин спостерігається помітне звуження листкової пластинки до 1,50–2,50 см ($1,72 \pm 0,29$ см), що відображає загальні деструктивні процеси та зниження метаболічної активності організму.

Найбільш виражені порівняльні зміни відбуваються в репродуктивній сфері (рис. 5.3.10).

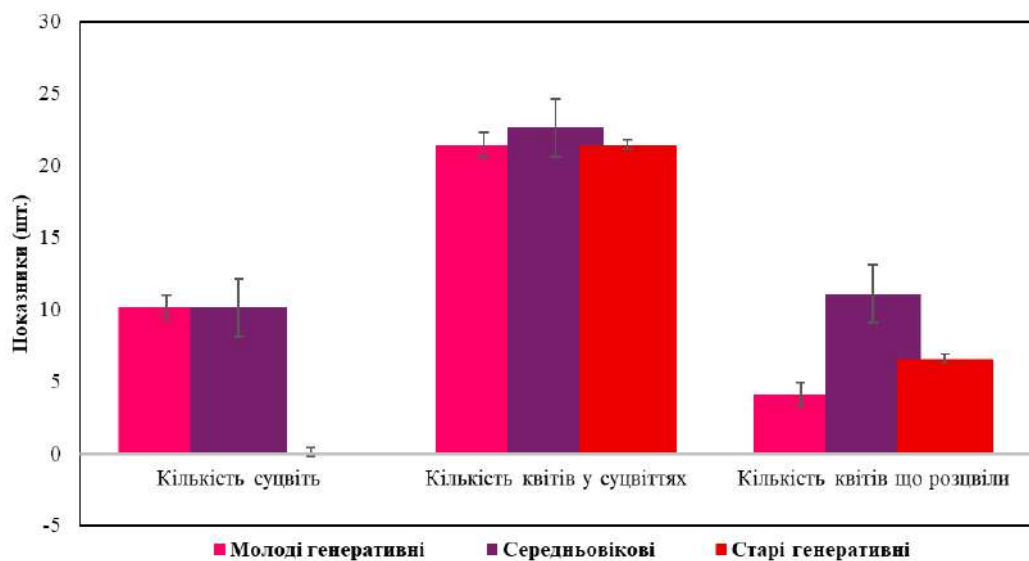


Рис. 5.3.10. Зміна репродуктивної активності особин *Origanum vulgare* L. на різних підетапах генеративної стадії розвитку

Кількість суцвіть у молодих та середньовікових особин залишається однаковою 9–11 штук ($10,13 \pm 0,82$ шт.). Кількість квіток у суцвітті у молодих генеративних рослин від 18 до 25 штук ($21,47 \pm 2,00$ шт.), а в середньогенеративних від 20 до 26 штук ($22,63 \pm 2,06$ шт.) на піку цвітіння. На старій генеративній стадії відбувається різке зменшення показників. Кількість суцвіть знижується до 3–5 штук, у середньому це $4,07 \pm 0,74$ суцвіття на одній особі, а кількість квіток у них знижується до 9–13 ($11,10 \pm 1,12$ шт.) [190; 193; 197].

Різниця в інтенсивності цвітіння на різних етапах генеративного періоду чітко простежується через кількість розквітлих квіток у суцвітті. Якщо в молодих генеративних особин цей показник становить 0–1 квітку ($0,10 \pm 0,31$ шт.), то на піку розвитку (середньовіковий стан) він досягає максимуму 18–25 ($21,47 \pm 2,0$) розквітлих квіток у кожному суцвітті. Натомість у старих генеративних кількість розквітлих квіток у суцвітті зменшується більш ніж удвічі, становлячи лише 5–9 штук ($6,60 \pm 1,61$ шт.). Така динаміка підтверджує поступове вичерпання ресурсів популяції до кінця життєвого циклу.

Щодо утворення насіння, зауважимо, що середньовікові генеративні рослини генерують від 72 до 100 насінин в одному суцвітті, середнє значення цього показника сягає $85,87 \pm 7,98$ штук [197].

Старі генеративні рослини утворюють від 16 до 36 насінин $26,40 \pm 6,44$ штук в одному суцвітті. Утворене насіння зберігається в сухому суцвітті до його повного дозрівання та подальшого поширення в субстраті. Зберігання насіння до його висипання тривало частково на субсенильній стадії розвитку популяції. Проте утворення насіння на першому році розвитку *Origanum vulgare* L. є чудовим показником успіху інтродукції, а також сприятливих умов Передкарпаття як регіону для її вирощування. Проте з 1 м² вдалось отримати 3,05 грами насіння [197]. Це можна пов'язати з тим, що інтродуковані рослини часто витрачають більше ресурсів на вегетативне виживання та адаптацію до нових умов, ніж на насіннєве розмноження [190].

При цьому архітектоніка пагона постійно трансформується в бік збільшення відстані між вузлами: від 3,50–4,30 см ($3,82 \pm 0,24$ см) у молодих рослин до максимальних 3,80–4,60 см ($4,14 \pm 0,29$ см) у старих особин, що відображає завершення ростових процесів. Підземна частина залишається найбільш стабільним елементом протягом усього періоду, утримуючи довжину кореневої системи в межах 26,00–29,00 см ($27,71 \pm 1,13$ см), що гарантує життєздатність популяції на всіх етапах її репродуктивного циклу.

Субсенільний етап розвитку інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L. характеризується початком вираженої деструкції вегетативної сфери та повною втратою репродуктивної здатності. На цій стадії рослини остаточно припиняють цвітіння, про що свідчать нульові показники кількості суцвіть та квіток у всіх досліджуваних зразках.

Згідно з проведеним морфометричним аналізом популяції, висота пагона в середньому становить $23,54 \pm 0,38$ см, при цьому мінімальні значення зафіксовані на рівні 21,0 см, а максимальні досягають 28,0 см. Кількість листків на пагонах коливається від 20 до 28 штук, що в середньому дорівнює $24,00 \pm 0,44$ шт.. Листкова пластинка характеризується середньою довжиною $2,34 \pm 0,03$ см та шириною $1,60 \pm 0,04$ см. Відстань між вузлами, яка визначає густоту облистяності пагона, становить у середньому $4,45 \pm 0,08$ см.

Підземна частина рослин представлена добре розвиненою кореневою системою, середня довжина якої становить $27,81 \pm 0,21$ см, що забезпечує надійне закріплення особин у субстраті та ефективне поглинання вологи навіть на пізніх етапах онтогенезу.

Сенільна стадія інтродукованої популяції *Origanum vulgare* L. характеризується повним припиненням життєвих процесів у надземній частині рослини. Згідно з отриманими даними, усі вегетативні та репродуктивні показники, такі як: висота пагона, кількість та розміри листків – дорівнюють нулю, що свідчить про завершення функціонування фотосинтетичного апарату та повне відмирання пагонів. Єдиним вимірюваним параметром залишається довжина кореня. Ця стадія

є періодом переходу популяції *Origanum vulgare* L. у стан спокою, зимівлю, до пробудження весною для ще одного циклу вегетації.

5.4. Інтродукція *Origanum vulgare* L. саджанцями на території земельної ділянки в місті Тлумач (Передкарпаття)

Процес інтродукції саджанцями *Origanum vulgare* L. на територію земельної ділянки в місті Тлумач проводили з метою спостереження за пристосуванням особин до нового середовища та визначення кращого способу інтродукції – насінням чи саджанцями.

Для цього десять кущів *Origanum vulgare* L., що перебували на віргінільній стадії розвитку (II рік інтродукції в дендрологічному парку «Дружба»), було перенесено в новий ареал зростання (рис.5.4.1).



Рис. 5.4.1. Інтродукція *Origanum vulgare* L. за допомогою саджанців:

а) обрані для процесу саджанці *Origanum vulgare* L.; б) відібрана земельна ділянка для пересадження; в) особина *Origanum vulgare* L. в новому ареалі зростання

Віргінільна стадія розвитку була обрана, оскільки в цей період рослина вже завершила формування основних вегетативних органів та активно розпочала процес куціння [190; 197]. Тим самим сформувалася теорія, за якою особини *Origanum vulgare* L. є достатньо життєздатними для їхнього переселення, при цьому вся енергія, накопичена рослиною, має піти на активну вегетацію та пристосування, після чого наступного року на цвітіння. Моніторинг за інтродукцентами проводили кожного тижня. Після появи ознак переходу особин *Origanum vulgare* L. до генеративної стадії розвитку спостереження проводили рідше – один раз на три тижні.

На земельній ділянці в місті Тлумач *Origanum vulgare* L. демонструє специфічну стратегію адаптації, яка дещо відрізняється від розвитку особин в умовах дендропарку. Основним диференціювальним показником є середня висота пагонів ($20,9 \pm 1,08$ см), яка є нижчою за показники дендропарку, де віргінільні особини часто сягають від 35,0 до 45,0 см. Така низькорослість на Тлумаччині може бути зумовлена як щільністю ґрунтового покриву, так і відкритістю ділянки до вітрового режиму, що змушує рослину формувати більш компактну стійку структуру (рис. 5.4.2).

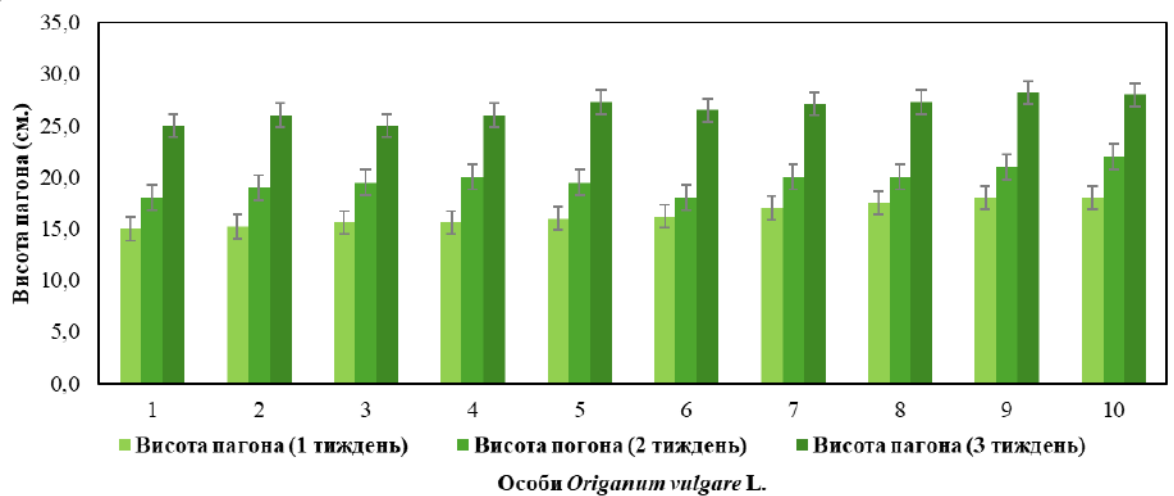


Рис. 5.4.2. Показники висоти пагона інтродукованих особин (саджанців) *Origanum vulgare* L.

Поступове збільшення висоти пагона з 15,0 см до 28,2 см підтверджує, що попри меншу висоту темпи росту залишаються стабільним, при цьому середнє значення за весь період спостереження становить $20,9 \pm 1,08$ см.

Такі показники вказують на відсутність фізіологічного пригнічення: рослина адаптується до мікроклімату нового регіону. Процес кущіння також має свої особливості, адже кількість нових пагонів є обмеженою [190]. Утворюється всього 2-3 нові пагони на одну особину. У порівнянні з інтродуцентами з насіння, де цей показник може сягати 6-8 пагонів, така стриманість свідчить про інтенсивний розподіл енергетичних ресурсів рослини на закріплення в субстраті, а не на розвиток надземної маси.

Особливу увагу привертає наростання асиміляційного апарату. Кількість листків збільшується з початкових 22,0 до 44,0 одиниць, досягаючи середнього показника $32,6 \pm 2,69$ штук (рис.5.4.3). Це засвідчує високу фотосинтетичну активність та ефективне використання поживних речовин субстрату.

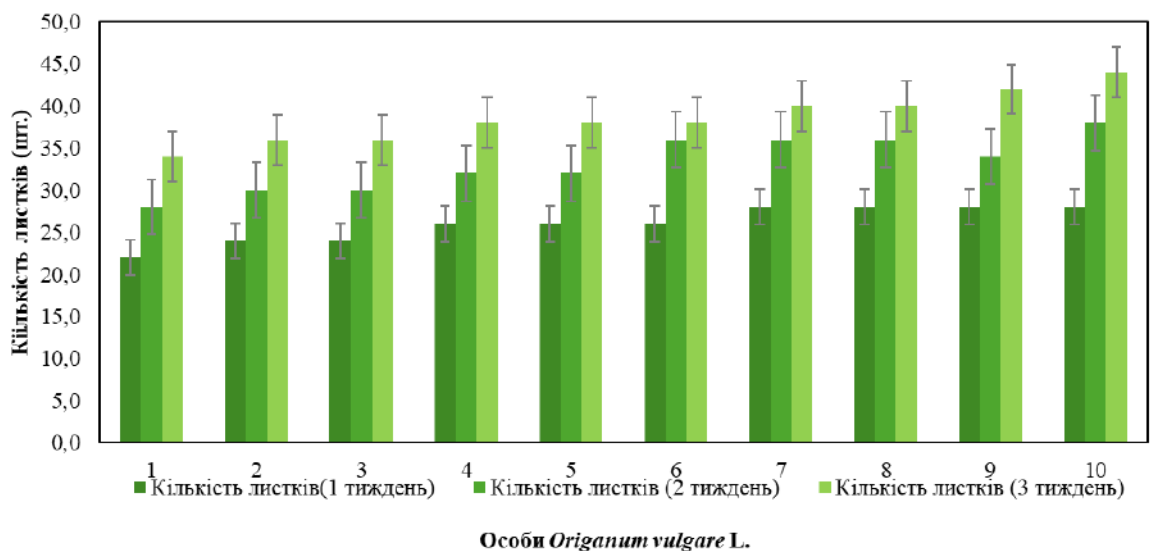


Рис. 5.4.3. Зміна кількості листків на особинах *Origanum vulgare* L., інтродукованих саджанцями у віргінільній стадії розвитку

Довжина листової пластинки в середньому варіює в межах $1,7 \pm 0,10$ см, а ширина $1,1 \pm 0,11$ см, що є типовим для віргінільних особин зазначеного виду і

підтверджує збереження генетично зумовлених ознак при перенесенні в нове середовище. Поступове збільшення відстані між вузлами (від 1,7 см до 2,2 см із середнім значенням $2,0 \pm 0,28$ см) свідчить про подовження пагонів, що підтверджує також оптимальний рівень освітленості на ділянці [196; 197].

Генеративна стадія розвитку стала ключовим показником адаптації *Origanum vulgare* L., оскільки здатність рослин до цвітіння підтверджує успішне завершення повного онтогенетичного циклу в нових умовах (рис.5.4.4).

Перехід до генеративного стану супроводжується якісною перебудовою морфологічної структури особини. Середня висота пагонів становить $26,50 \pm 1,27$ см. Цей показник залишається нижчим від показників популяції, що розвивається в межах дендропарку, де висота квітучих рослин може сягати 50,0–60,0 см.

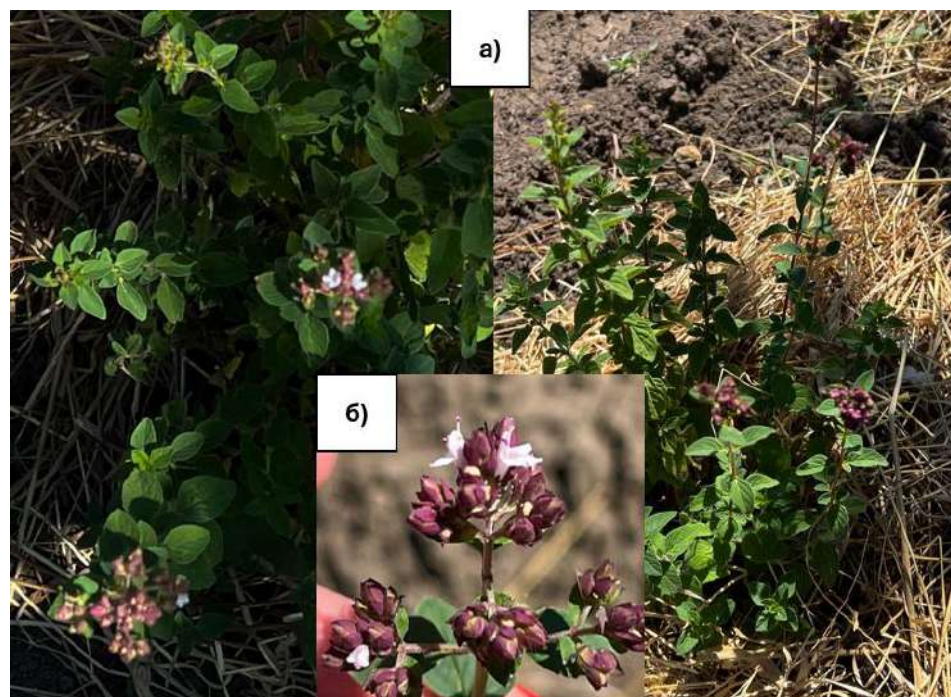


Рис. 5.4.4. Перехід популяції *Origanum vulgare* L. до генеративної стадії розвитку: а) поява суцвіть на інтродуцентах; б) суцвіття молодих генеративних рослин

Зауважимо, що в інтродуцентів спостерігається чітка стабілізація росту, висота окремих екземплярів коливається в межах від 25,0 до 28,0 см, що вказує на формування низькорослої, але стійкої та життєздатної форми [190].

Значне збільшення асиміляційної поверхні є характерною рисою цієї стадії.

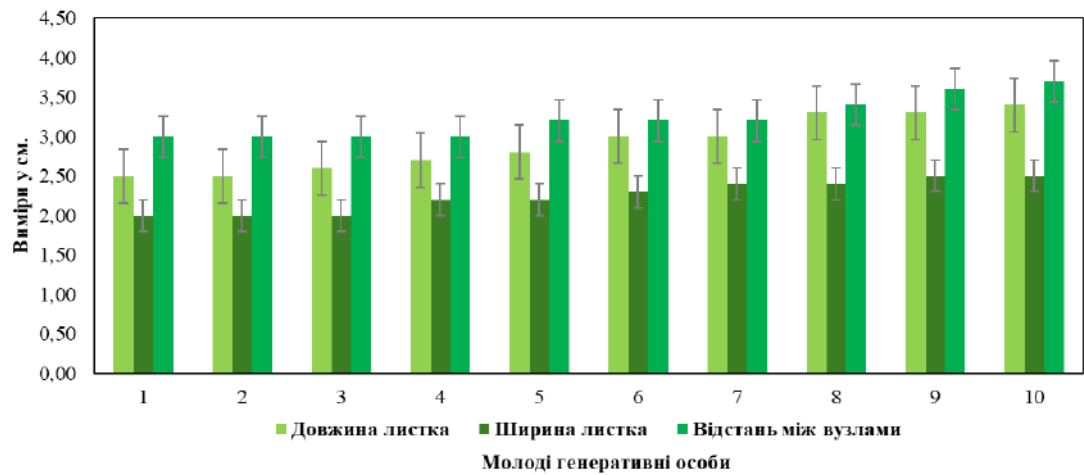


Рис. 5.4.5. Показники листового апарату особин *Origanum vulgare* L. на початку генеративної стадії розвитку (молоді генеративні рослини)

Середня кількість листків зростає до $56,20 \pm 3,33$ штук, що майже вдвічі перевищує показники віргінільного періоду. Листкова пластинка також суттєво збільшилася: середня довжина досягла $2,91 \pm 0,34$ см, а ширина $2,25 \pm 0,20$ см (рис 5.4.5). Такий активний розвиток вегетативної маси безпосередньо перед цвітінням забезпечує необхідний енергетичний ресурс для формування суцвіть. Збільшення відстані між вузлами від 3,00 см до 3,70 см (у середньому значення становило $3,23 \pm 0,26$ см) вказує на інтенсивне витягування міжвузлів, необхідне для кращого експонування квіток запилювачам [197].

Формування репродуктивних органів розпочинається з появи суцвіть, кількість яких у середньому становить $1,90 \pm 0,99$ одиниці на один пагін. Попри те, що рослини перебувають на початковому етапі свого генеративного розвитку, спостерігаємо цікаву варіативність: окремі найбільш життєздатні особини здатні

формувати до 3 суцвіть, що вказує на прихований високий репродуктивний потенціал інтродуцентів у цьому регіоні.

Важливим індикатором успішного пристосування до місцевих умов є наповненість самих суцвіть, де середня кількість квіток сягає $15,40 \pm 1,96$ штук.

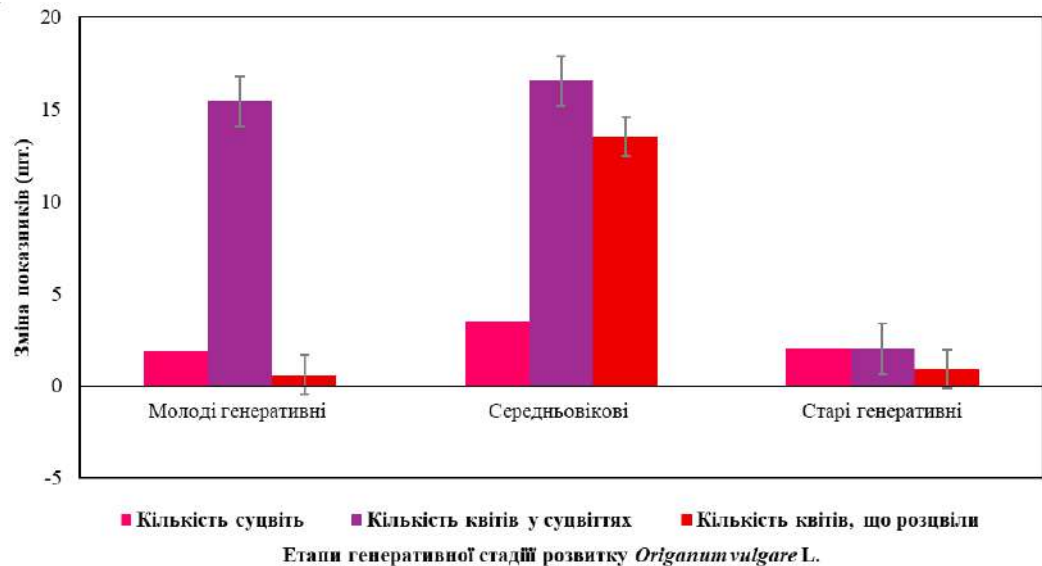


Рис. 5.4.6. Зміна показників різних етапів генеративної стадії розвитку популяції *Origanum vulgare* L., інтродукованої саджанцями

Водночас кількість квітів, що зацвіли на одне суцвіття, є низькою і становить $0,60 \pm 0,52$ (рис.5.4.6). Це абсолютно природне явище, характерне саме для молодих генеративних особин, які ще не досягли свого повного морфологічного розквіту, але вже успішно закріпилися в новому середовищі.

У середньовікових генеративних особин *Origanum vulgare* L. середня кількість суцвіть суттєво зростає і становить $3,50 \pm 0,85$, що майже вдвічі перевищує показники попередньої стадії.

Наповненість суцвіть є високою і в середньому становить $16,50 \pm 1,27$ квіток на одне суцвіття, проте кількість квіток, що розцвіли, збільшується до $13,50 \pm 1,58$ штук на одне суцвіття [197]. Аналіз цих параметрів *Origanum vulgare* L. на середньовіковій генеративній стадії розвитку свідчить про досягнення популяцією піку своєї репродуктивної активності в умовах Тлумаччини.

Кількість суцвіть на пагоні в старих генеративних особин становить $2,00 \pm 0,67$ штук, а загальна активність цвітіння починає знижуватися. Кількість квіток у суцвітті скорочується і становить $2,00 \pm 0,94$ штук, цвітінню піддається ще менша кількість квітів, $0,90 \pm 1,10$ штук на одне суцвіття.

Вертикальна структура рослин залишається незмінною, середня висота пагонів зафіксована на позначці $26,50 \pm 1,27$ см. Це підтверджує раніше висловлену гіпотезу про формування специфічної низькорослої форми, яка є цілком адаптованою до місцевого мікроклімату [190; 197].

При цьому спостерігається цікава динаміка асиміляційного апарату (рис.5.4.7). Середня кількість листків дещо знизилася до $49,0 \pm 2,54$, що біологічно пояснюється перерозподілом пластичних речовин від вегетативних органів до суцвіть, які на цій стадії стають головними акцепторами енергії.

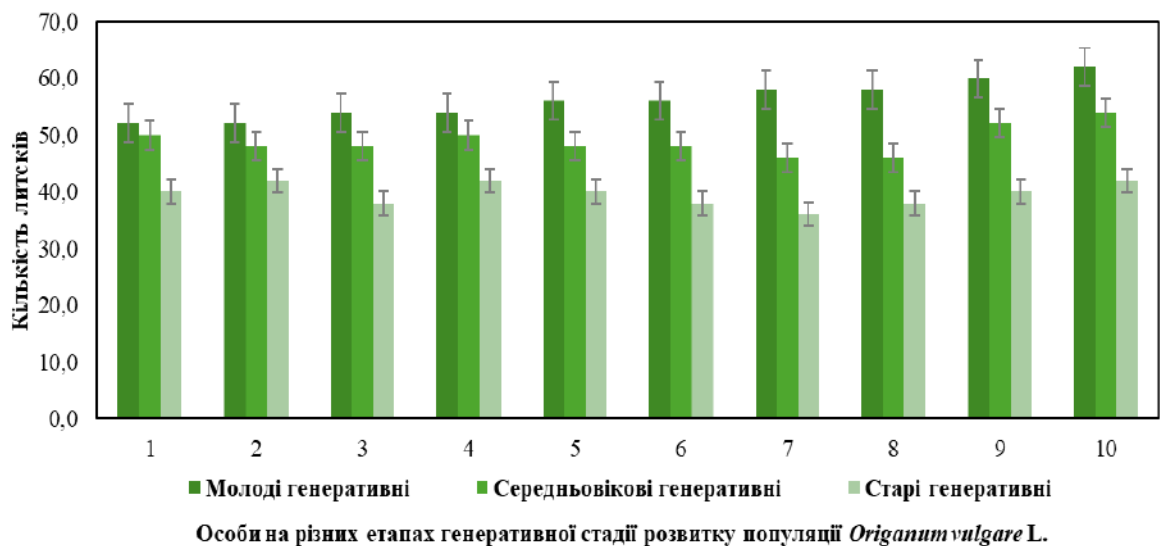


Рис. 5.4.7. Зміна кількості листків на різних етапах генеративної стадії розвитку популяції *Origanum vulgare* L., інтродукованої саджанцями

Параметри листкової пластинки, а саме довжина та ширина, у середньому дорівнюють $2,91 \pm 0,34$ см та $2,25 \pm 0,20$ см відповідно (рис. 5.4.8). Відстань між вузлами ($3,23 \pm 0,26$ см) досягла свого максимуму.

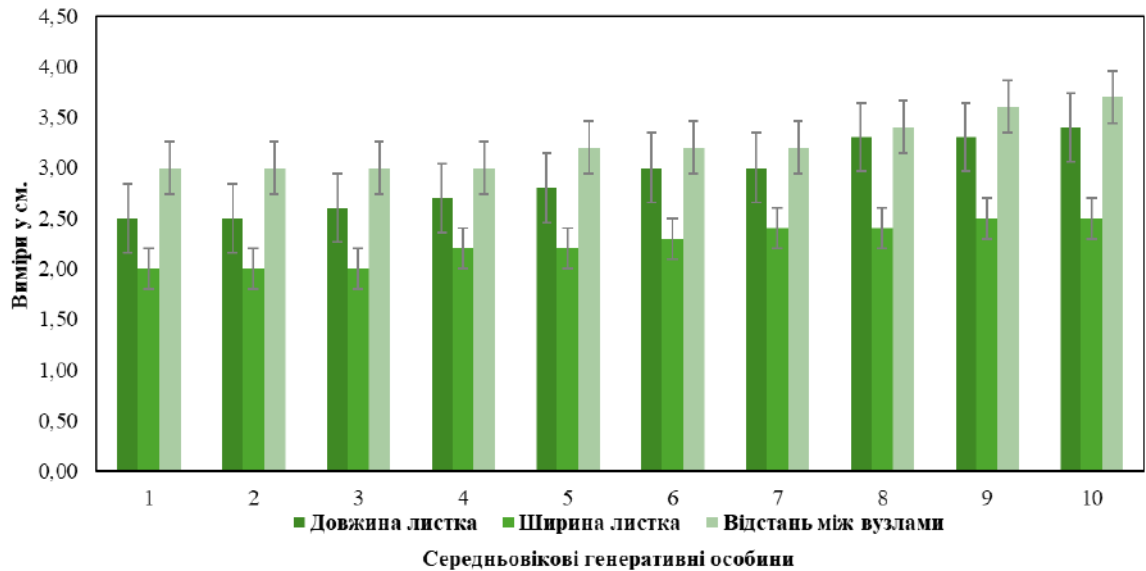


Рис. 5.4.8. Показники листкового апарату особин *Origanum vulgare* L. на генеративній стадії розвитку (середньовікові генеративні рослини)

Старі генеративні рослин характеризуються згасанням життєвих сил та завершенням активного репродуктивного циклу. На цьому етапі біологічні ресурси рослин спрямовуються на дозрівання насіння, що супроводжується поступовим спрощенням морфологічної структури надземної частини.

Висота пагонів на цьому етапі генеративної стадії розвитку суттєво зменшується і становить $23,4 \pm 1,58$ см, що вкотре підтверджує низькорослу стратегію адаптації інтродуцентів.

Середня кількість листків на пагоні теж зменшується до $44,0 \pm 3,74$ одиниць [196; 197]. Це пов'язано з початком процесів старіння та відмирання нижніх листкових ярусів, що є нормою для завершальної фази генеративного періоду. При цьому розміри листової пластинки (довжина $2,34 \pm 0,21$ см та ширина $1,68 \pm 0,12$ см) теж значно зменшуються (рис. 5.4.9).

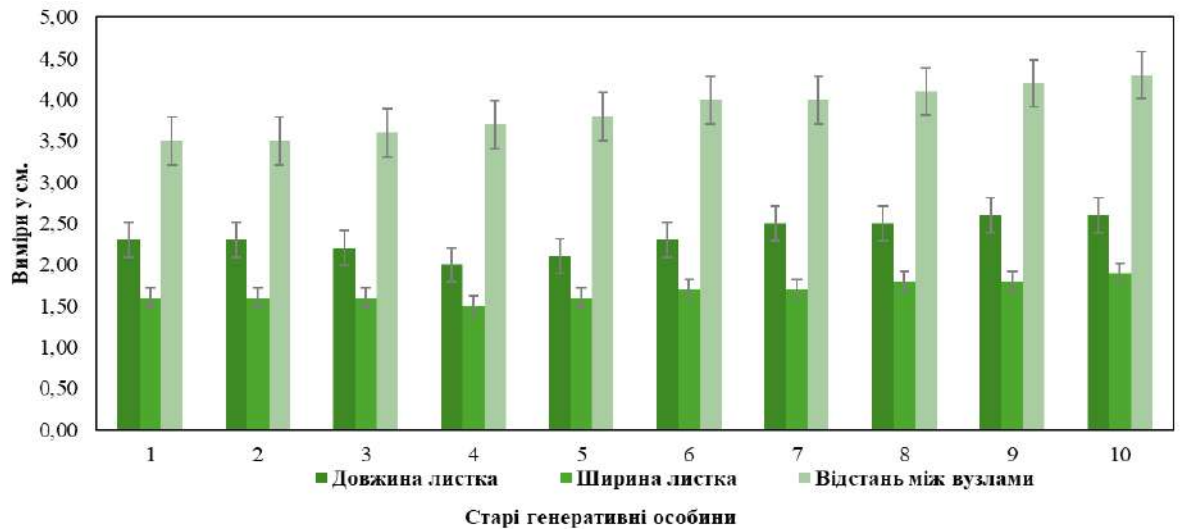


Рис. 5.4.9. Показники листкового апарату особин *Origanum vulgare* L. генеративної стадії розвитку (старі генеративні рослини)

Листки на цій стадії розвитку менші за розмірами, жовтіють та опадають або скручуються і засихають на стеблі. Довжина міжвузлів ($3,87 \pm 0,29$ см) набуває максимального значення, тим самим завершуючи фотосинтетичну підтримку генеративних органів.

Важливо зазначити, що інтродуковані особини *Origanum vulgare* L. успішно пройшли етап росту та формування вегетативних органів, при цьому популяція, інтродукована саджанцями, зберегла репродуктивну здатність, що є свідченням адаптації до екологічних умов Тлумаччини.

Після генеративної стадії розвитку популяція *Origanum vulgare* L. готується до зимівлі і входить у субсенільну фазу, а саме завершення життєвого циклу першого року. Перехід у субсенільний стан інтродукованої популяції на земельній ділянці в Тлумачі відбувся природно та закономірно, що підтверджує аналіз морфометричних параметрів популяції. Середня висота пагонів популяції становила $19,03 \pm 1,23$ см, що свідчить про значне зменшення лінійних розмірів *Origanum vulgare* L. порівняно з піком її генеративної активності.

Найбільш показовим індикатором старіння є стан асиміляційного апарату. Середня кількість листків знизилася до $22,60 \pm 2,67$ штук. Розміри листкової пластини в середньому суттєво зменшилися, довжина листка становить $1,83 \pm 0,13$ см, а ширина $0,90 \pm 0,08$ см [190]. На субсенільній стадії розвитку відстань між вузлами зростає до $4,85 \pm 0,24$ см (рис. 5.4.10).

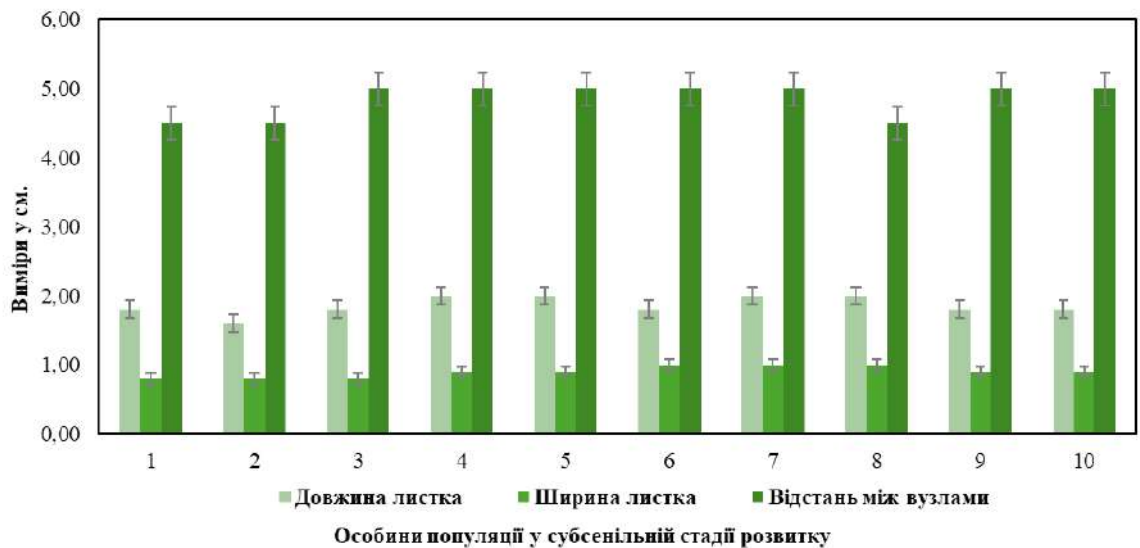


Рис. 5.4.10. Показники листкового апарату особин *Origanum vulgare* L. на субсенільній стадії розвитку популяції

Такі показники свідчать про зниження фотосинтетичного потенціалу та загальне виснаження ресурсів *Origanum vulgare* L..

Завершальним етапом річного циклу життєдіяльності *Origanum vulgare* L. є стан, коли популяція переходить у стан глибокого спокою. Це складна фізіологічна перебудова, спрямована на виживання у несприятливий зимовий період. Зі зниженням температури та скороченням світлового дня починається активний відтік поживних речовин із надземної частини до кореневища. Листя поступово втрачає свій колір та набуває буруватого відтінку. Тканини пагона втрачають тургор, стають жорсткими та здерев'янілими, що допомагає їм протистояти першим заморозкам перед остаточним відмиранням.

Стебла поступово висихають, перетворюючись на природний захисний бар'єр, який взимку допомагатиме затримувати сніг. На кореневищі закладаються бруньки відновлення, які перебувають під надійним захистом шару ґрунту та рослинних залишків.

Перехід на зимовий сон характеризується повним припиненням видимих процесів росту. Рослина мінімізує обмін речовин, впадаючи в стан анабіозу. Таке глибоке занурення в спокій є запорукою успішної зимівлі на Передкарпатті, що дозволить *Origanum vulgare* L. з першим весняним теплом швидко відновити вегетацію та розпочати новий рік життя.

Інтродукцію саджанцями *Origanum vulgare* L. на земельну ділянку в місті Тлумач (Передкарпаття) можна вважати успішною, оскільки популяція пройшла повний онтогенетичний цикл. При цьому з десяти саджанців жоден не загинув і, незважаючи на інтенсивне цвітіння та невелику кількість суцвіть, вдалось зібрати 0,54 грама насіння. Тобто з десяти кущів *Origanum vulgare* L. отримали 560 насінин.

Комплексне дослідження особливостей онтогенезу та адаптивного потенціалу *Origanum vulgare* L. в умовах Передкарпаття дозволяє констатувати успішне проходження інтродуцентами всіх етапів життєвого циклу, що є головним критерієм успішності акліматизації виду. Встановлено, що при насінневому способі розмноження в умовах дендропарку «Дружба» рослини демонструють високу польову схожість (92,6%), тоді як на чорноземах Тлумаччини цей показник знижується до 30,2%, що пояснюється фізико-хімічними властивостями субстрату та механічним впливом інтенсивних опадів на дрібне насіння.

Незважаючи на відмінності в початкових етапах, особини обох локацій на першому році життя продемонстрували здатність до повної реалізації репродуктивного потенціалу, проходячи шлях від появи сходів у квітні до формування повноцінних чотиригорішків у серпні-вересні.

Важливим показником адаптації є випереджальний розвиток підземної сфери на ранніх стадіях (довжина кореня на ювенільному етапі перевищує висоту пагона), що забезпечує надійну фіксацію та живлення рослин перед першою зимівлею.

Аналіз онтогенезу другого року життя на території дендропарку засвідчив значну інтенсифікацію морфогенетичних процесів. Перехід до кущіння та відновлення вегетації через бруньки на кореневищах забезпечує стрімке нарощування біомаси: середня висота пагонів у генеративному стані досягає $70,73 \pm 3,48$ см, що майже вдвічі перевищує показники першого року. Встановлено високу кореляцію між температурним режимом регіону та інтенсивністю цвітіння, причому на другому році середня кількість насінин у суцвітті ($102,53 \pm 8,50$) та загальна врожайність насіння ($9,02$ г/м²) суттєво зростають [190; 194; 196].

Показники біологічної продуктивності, зокрема вихід сухої сировини на рівні 976 г/м², підтверджують формування стійкої та високопродуктивної культурної популяції, здатної до самовідновлення.

Оцінка методу інтродукції саджанцями в м. Тлумач виявила специфічну екологічну пластичність виду, що виразилася у формуванні стійкої низькорослої форми із середньою висотою пагона $26,50 \pm 1,27$ см. Така морфологічна стратегія, поєднана зі 100% приживлюваністю пересаджених особин, свідчить про пріоритетне спрямування ресурсів на закріплення в новому ареалі [197].

Хоча кількісні показники репродуктивної здатності саджанців були нижчими порівняно з насіннєвими популяціями, факт успішного дозрівання насіння підтверджує завершеність онтогенетичного циклу.

В усіх досліджуваних групах спостерігалася спільна динаміка морфологічних ознак у постгенеративний період: деградація асиміляційного апарату, пожовтіння листя та відтік поживних речовин до підземних органів, що свідчить про глибоку фізіологічну підготовку до зимового анабіозу [193; 194].

Таким чином, *Origanum vulgare* L. виявляє високу адаптивну здатність до умов Передкарпаття, що дозволяє рекомендувати як насіннєвий спосіб інтродукції для створення масштабних плантацій, так і вегетативний — для швидкого поширення культури.

РОЗДІЛ 6. ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН В СИРОВИНІ ІНТРОДУКОВАНОЇ ПОПУЛЯЦІЇ *Origanum vulgare* L.

6.1. Якісне визначення біологічно активних речовин у сировині *Origanum vulgare* L.

З метою комплексного оцінювання адаптивного потенціалу та особливостей накопичення біологічно активних речовин у сировині материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.) було реалізовано фітохімічний скринінг із застосуванням екстрагентів різного ступеня полярності. Отримані результати якісних реакцій наведено в таблиці 6.1.1.

Таблиця 6.1.1.

Біологічно активні речовини в зразках *Origanum vulgare* L.

Група біологічно активних речовин	Материнка звичайна <i>Origanum vulgare</i> L.
Вільні цукри	±
Водорозчинні полісахариди	+
Аскорбінова кислота	+
Прості феноли	++
Таніди	++
Антраценпохідні	—
Кумарини	±
Хромони	—
Ксантони	—
Флавоноїди	++
Сапоніни	±
Кардіостероїди	—
Алкалоїди	—

Примітки: «++» — реакція чітко виражена (висока інтенсивність); «+» — реакція позитивна; «±» — слідові кількості; «—» — реакція негативна.

Результати проведеного фітохімічного скринінгу відображають специфіку метаболічних процесів досліджуваних зразків материнки звичайної та дозволяють

оцінити їхній хімічний профіль. Детальний аналіз екстрактів засвідчив інтенсивний перебіг реакцій, характерних для фенольних сполук. Зокрема, висока інтенсивність забарвлення під час проведення ціанідинової проби за Бріантом та взаємодії з хлоридом алюмінію і хлоридом заліза (III) чітко вказує на масивне накопичення флавоноїдів та простих фенолів. Одночасно зафіксовано утворення виражених осадів із розчином желатину, що підтверджує значний вміст дубильних речовин (танінів). Оскільки саме комплекс фенольних сполук детермінує провідну фармакологічну цінність зазначеного виду, така активність вторинного біосинтезу є ключовим індикатором збереження терапевтичних властивостей сировини.

Дослідження водних витяжок дозволило ідентифікувати компоненти первинного метаболізму, які відіграють важливу роль в енергетичному балансі та захисних реакціях рослинного організму. Наявність водорозчинних полісахаридів та стабільного вмісту аскорбінової кислоти на тлі лише слідових кількостей вільних цукрів свідчить про інтенсивне залучення вуглеводів у процеси побудови клітинних структур і формування антиоксидантного захисту. Такий фізіологічний стан підтверджує високий рівень фотосинтетичної активності та відсутність стресового пригнічення рослин. Додаткове виявлення слідових кількостей кумаринів та сапонінів за повної відсутності алкалоїдів, антраценпохідних, хромонів, ксантонів і серцевих глікозидів демонструє абсолютну відповідність отриманого фітохімічного профілю класичним хемотаксономічним ознакам родини *Lamiaceae*.

Узагальнюючи наведені дані, можемо стверджувати, що результати якісного хімічного аналізу є беззаперечним підтвердженням високого адаптивного потенціалу та успішності інтродукції *Origanum vulgare* L. в умовах Передкарпаття. Рослини демонструють здатність не лише до повноцінного вегетативного та генеративного розвитку в нових едафо-кліматичних умовах, але й до стабільної реалізації генетично детермінованих шляхів метаболізму. Інтенсивне накопичення цільових груп біологічно активних речовин, що повністю відповідає показникам

дикорослої флори, доводить перспективність впровадження цього виду в широку культуру для отримання стандартизованої лікарської рослинної сировини.

6.2. Якісне визначення біологічно активних речовин у сировині *Origanum vulgare* L.

З метою об'єктивної оцінки якості отриманої сировини та інтенсивності біосинтетичних процесів у рослинах інтродукованої популяції було проведено кількісне визначення провідних груп біологічно активних речовин у сировині материнки звичайної (*Origanum vulgare* L.). Результати кількісного аналізу (n=5) наведено у таблиці 6.2.1.

Таблиця 6.2.1.

Якісне визначення біологічно активних речовин у сировині *Origanum vulgare* L.

Групи БАР, %, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$, n=5	<i>Origanum vulgare</i> L.
Вміст окиснюваних поліфенолів	5,541 $\pm$ 0,358
Вміст вільних органічних кислот	1,953 $\pm$ 0,052
Вміст аскорбінової кислоти	0,353 $\pm$ 0,052
Вміст флавоноїдів	0,785 $\pm$ 0,022
Вміст гідроксикоричних кислот	7,932 $\pm$ 0,846

Проведений кількісний фітохімічний аналіз трави материнки звичайної дозволив встановити високий рівень накопичення біологічно активних речовин, що є ключовим індикатором нормального фізіологічного стану рослин. Домінантною групою вторинних метаболітів у дослідній сировині є гідроксикоричні кислоти, кількісний вміст яких становить 7,932 $\pm$ 0,846%. Такий високий показник, характерний для представників родини *Lamiaceae* (зокрема через біосинтез розмаринової та хлорогенової кислот), підтверджує потужний антиоксидантний і протизапальний потенціал отриманої сировини. Висока інтенсивність фенольного метаболізму також підтверджується значним вмістом суми окиснюваних

поліфенолів, який сягає $5,541 \pm 0,358\%$. Це свідчить про активне функціонування захисних систем рослинного організму, що відіграє вирішальну роль у процесах адаптації до нових едафо-кліматичних умов.

Поряд із фенольними сполуками важливе значення має накопичення вільних органічних кислот, вміст яких зафіксовано на рівні $1,953 \pm 0,052\%$. Цей показник вказує на інтенсивний перебіг дихальних процесів та активну участь органічних кислот у циклі трикарбонових кислот, що забезпечує енергетичні потреби рослини в період активної вегетації. Вміст флавоноїдів, що становить $0,785 \pm 0,022\%$, повністю відповідає фармакопейним вимогам до сировини цього виду та гарантує наявність очікуваного спазмолітичного ефекту. Особливої уваги заслуговує кількісний вміст аскорбінової кислоти на рівні $0,353 \pm 0,052\%$. Оскільки вітамін С є одним із найважливіших ендогенних антиоксидантів, такий рівень його накопичення підтверджує високу стресостійкість інтродукованих рослин та відсутність пригнічення процесів первинного метаболізму під впливом факторів довкілля.

Отримані кількісні показники є прямим та переконливим доказом успішності інтродукції *Origanum vulgare* L. в умовах Передкарпаття. Рослини не лише зберігають здатність до повноцінного росту і розвитку, але й демонструють високу інтенсивність вторинного біосинтезу, формуючи потужний комплекс біологічно активних речовин. Накопичення гідроксикоричних кислот, поліфенолів та флавоноїдів у кількостях, що відповідають або навіть перевищують показники дикорослих популяцій, доводить, що ґрунтово-кліматичні умови регіону є оптимальними для реалізації генетичного потенціалу цього виду. Таким чином, експериментально підтверджено високу адаптивну здатність материнки звичайної, що науково обґрунтовує доцільність її широкого культивування з метою отримання високоякісної стандартизованої лікарської рослинної сировини.

ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведених досліджень дозволяє комплексно оцінити успішність та перспективність інтродукції *Origanum vulgare* L. в еколого-кліматичних умовах Передкарпаття. Аналіз отриманих експериментальних даних дозволив виявити закономірності розвитку материнки звичайної залежно від насіннєвого та вегетативного способу введення в культуру, а також визначити роль едафічних параметрів на критичних етапах приживлення. Встановлені особливості морфогенезу та розвитку на різних локаціях регіону стали основою для формулювання наукових висновків щодо адаптивного потенціалу виду та розробки рекомендацій для його ефективного культивування.

1. Проведений моніторинг природних оселищ підтвердив, що сучасний стан дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L. у Карпатах та Передкарпатті характеризується фрагментарністю поширення та низькою щільністю особин. Основними чинниками деградації природних популяцій є інтенсивне випасання худоби, зміна гідрологічного режиму та неконтрольований збір сировини. Це зумовлює необхідність активної інтродукції виду в культуру для створення стійких агрофітоценозів, що дозволить знизити антропогенний тиск на дикорослі ресурси та забезпечити збереження генетичного різноманіття регіону.

2. Порівняльний аналіз едафічних умов експериментальних локацій показав, що на етапі ініціації інтродукції фізична структура ґрунту має більше значення, ніж його поживна цінність. Встановлено, що, хоч і чорноземи Тлумаччини володіють високим бонітетом (гумус 6,0%), їхня схильність до запливання та утворення кірки після опадів стала критичним бар'єром для проростання дрібного насіння, знизивши схожість до 30,2%. Натомість структурні ґрунти дендропарку «Дружба», попри менший вміст органіки, забезпечили оптимальну аерацію, що дозволило досягти високої схожості на рівні 92,6%. Це свідчить про необхідність ретельної підготовки насіннєвого ложа та контролю вологості на важких ґрунтах Передкарпаття.

3. Дослідження повного циклу онтогенезу *Origanum vulgare* L. в умовах інтродукції засвідчило високий адаптивний потенціал виду, що виявився в здатності проходити всі фази розвитку від появи сходів до формування повноцінного насіння вже протягом першого року вегетації. Встановлено, що ключовим механізмом виживання інтродуцентів є пріоритетне формування потужної стрижнево-мичкуватої кореневої системи на ранніх стадіях (ювенільна та іматурна), що забезпечує надійну фіксацію рослини в субстраті та ефективне поглинання вологи. На віргінільній стадії зафіксовано формування скелетної структури куща, що створює фундамент для переходу до генеративної фази.

4. Моніторинг успішності перезимівлі підтвердив 100% зимостійкість інтродукованих популяцій у регіоні. На другому році життя процес інтродукції переходить у фазу інтенсивного вегетативного розширення: відновлення вегетації відбувається через пробудження численних бруньок відновлення на перезимованих кореневищах. Такі пагони характеризуються значно вищою енергією росту порівняно з першим роком, що призводить до стрімкого нарощування фотосинтетичної маси (кількість листків на особину сягає 110–120 штук) та формування щільних кущів уже на ранніх етапах сезону.

5. Оцінка репродуктивної здатності та біологічної продуктивності підтвердила повну адаптацію виду. Встановлено, що на другому році інтродукції показники насіннєвої продуктивності зростають майже вдвічі, досягаючи 9,02 г/м², а вихід сухої лікарської сировини становить 976 г/м². Це свідчить про те, що інтродукована популяція не лише успішно адаптувалася до мезорельєфу та клімату Передкарпаття, а й демонструє вищі показники життєздатності, ніж у природних оселищах, що дозволяє прогнозувати високу економічну ефективність її вирощування.

6. Результати якісного скринінгу та кількісного аналізу засвідчили інтенсивний перебіг вторинного біосинтезу, що супроводжується масивним накопиченням провідних груп біологічно активних речовин: гідроксикоричних кислот (7,93%), окиснювальних поліфенолів (5,54%) та флавоноїдів (0,78%) – на

тлі стабільного вмісту аскорбінової і вільних органічних кислот. Такий цілісний фітохімічний профіль повністю відповідає стандартам, підтверджуючи збереження специфічного метаболізму, повноцінну фотосинтетичну активність та відсутність стресового пригнічення рослин під впливом нових едафо-кліматичних чинників.

7. Визначено, що найбільш ефективним методом інтродукції *Origanum vulgare* L. в умовах Передкарпаття є вегетативний метод (висадка саджанців). Цей підхід нівелює ризики низької схожості насіння на важких ґрунтах, забезпечує швидке закладання плантації та гарантує збереження сортових або популяційних характеристик матеріалу. Саджанці швидше проходять критичні точки онтогенезу та формують стабільний урожай насіння вже в перший рік пересадки, що робить цей метод оптимальним для швидкого відтворення ресурсної бази лікарських рослин у регіоні.

Підсумовуючи, можемо стверджувати, що успішна інтродукція *Origanum vulgare* L. у Передкарпатті відкриває широкі перспективи для раціонального використання земельних ресурсів регіону через створення стабільних агрофітоценозів із високим адаптивним потенціалом. Встановлені закономірності онтогенезу та репродуктивної стратегії виду залежно від едафічних умов та способу розмноження слугують науково-методичним підґрунтям для розробки сучасних технологій культивування лікарських рослин.

Таким чином, розширення ареалу вирощування *Origanum vulgare* L. забезпечує не лише збереження генетичного фонду виду в умовах мінливого довкілля, а й сприяє зміцненню ресурсного суверенітету фармацевтичної та харчової галузей України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Неведомська, Є. О. (2017). Інтродукція рослин в Україні: історичний нарис. *Актуальні проблеми дослідження довкілля*. Збірник наукових праць, 55–58. <https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/20398>
2. Кузнецов, С. І., Слюсар, С. І., & Кузнецова, М. С. (2017). Інтродукція деревних рослин в Україні: минуле, сучасне та майбутнє. *Лісове і садово-паркове господарство*, 11. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/8810>
3. Кащенко, М. Ф. *Акліматизаційний сад*. Енциклопедія сучасної України (онлайн видання). <https://esu.com.ua/article-43465>
4. Роговський, С. В. (2011). Основні методи і завдання дослідження етапів репродукції рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*.
5. Кохно, М. А., & Клименко, С. В. *Інтродукція*. Енциклопедія сучасної України (онлайн видання). <https://esu.com.ua/article-12430>
6. Plant introduction – History, purpose, procedure, merits, demerits. (2024, September 13).
7. Moysiienko I.I., Skobel N.O., Melnyk R.P. (2020). The new records of alien species of the genus *Euphorbia* L. in the south of Ukraine. *Chornomors'k. bot. z.*, 16 (3), 191–198. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2020-16-3-2>
8. Rama University. (n.d.). *Fundamentals of plant breeding*. <https://www.ramauniversity.ac.in/online-studymaterial/agriculture/bsc/iiisemester/fundamentalsofplantbreeding/lec%2006.pdf>
9. Kiehl, K. (2010). Plant species introduction in ecological restoration: Possibilities and limitations. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 281–284. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.02.008>
10. Bakker, J. P. (1989). *Nature management by grazing and cutting*. Kluwer Academic Publishers. <https://research.rug.nl/en/publications/nature-management-by-grazing-and-cutting-on-the-ecological-signif/>

11. Bakker, J. P., Poschlod, P., Strykstra, R. J., Bekker, R. M., & Thompson, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: Important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4), 461–490.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1438-8677.1996.tb00806.x>
12. Miller, U., & Pfadenhauer, J. (1997). Renaturierung von Kalkmagerrasen. Zur Vorhersage der gelenkten Sukzession durch Aufbringung von diasporenhaltigem Mähgut. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 27, 155–163.
13. Walker, K. J., Stevens, P. A., Stevens, D. P., Mountford, J. O., Manchester, S. J., & Pywell, R. F. (2004). The restoration and re-creation of species-rich lowland grassland on land formerly managed for intensive agriculture in the UK. *Biological Conservation*, 119(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.018>
14. Vander Mijnsbrugge, K., Bischoff, A., & Smith, B. (2010). A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 300–311. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.03.003>
15. Poornima, J. (2020). *Plant introduction and centres of origin*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29138.58569>
16. Introduction and selection methods in plant breeding. (n.d.). *Biology Discussion*. <https://www.biologydiscussion.com/plants/plant-breeding/introduction-and-selection-methods-in-plant-breeding/24641>
17. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture.
<https://www.fao.org/publications/card/en/c/CB0882EN/>
18. Camacho Villa, T. C., Maxted, N., Scholten, M. A., & Ford-Lloyd, B. V. (2005). Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 3(3), 373–384. <https://doi.org/10.1079/PGR200591>
19. Tanksley, S. D., & McCouch, S. R. (1997). Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild. *Science*, 277(5329), 1063–1066.
<https://doi.org/10.1126/science.277.5329.1063>

20. ResearchGate. (n.d.). *Ukrainian flora checklist 1: Family Lamiaceae (Lamiales, Angiosperms)*.
https://www.researchgate.net/publication/362815959_Ukrainian_flora_checklist_1_family_Lamiaceae_Lamiales_Angiosperms
21. ResearchGate. (n.d.). *Reviewing of plant belonging to Lamiaceae family*.
https://www.researchgate.net/publication/382996305_REVIEWING_OF_PLANT_BELONGING_TO_LAMIACEAE_FAMILY
22. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (n.d.). *About FAO*. <https://www.fao.org/about/about-fao/en/>
23. CGIAR. (n.d.). <https://www.cgiar.org/>
24. AGENT Project. (n.d.). *International Plant Genetic Resources Institute – The Alliance of Bioversity International and CIAT*. <https://www.agent-project.eu/about/partners/ipgri>
25. European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (ECPGR). (n.d.). *EURISCO Catalogue*. <https://www.ecpgr.org/resources/germplasm-databases/eurisco-catalogue>
26. Чернецька, С. Б., & Белей, Н. М. (2018). Перспективи створення нових лікарських засобів на основі материнки звичайної. *Фітотерапія. Часопис*, (1), 25–28. <https://www.phytotherapy.vernadskyjournals.in.ua/journal/2018/1/7.pdf>
27. Шанайда, М. І. (2005). Ботаніко-фармакогностичні аспекти вивчення лікарських рослин родини Lamiaceae Juss. (огляд). *Фітотерапія. Часопис*, (2), 50–57. <https://www.researchgate.net/publication/326096543>
28. Akrayi, H. F. S., Salih, R. M. H., & Hamad, P. A. (2015). In vitro screening of antibacterial properties of *Rhus coriaria* and *Origanum vulgare* against some pathogenic bacteria. *ARO-The Scientific Journal of Koya University*, 3(2), 35–41. <https://doi.org/10.14500/aro.10085>
29. Aliabadi, M., Valizadegan, F., & Seyedalipour, B. (2020). Investigation of *Origanum vulgare* L. leaf extract on ethanol-induced impairment of working

- memory on male rat. *8th Basic and Clinical Neuroscience Congress*, Tehran, Iran. <https://doi.org/10.1080/09603123.2024.2440898>
30. Al-Kalaldeh, J. Z., & Abu-Dahab, R. (2010). Volatile oil composition and antiproliferative activity of *Laurus nobilis*, *Origanum syriacum*, *Origanum vulgare*, and *Salvia triloba* against human breast adenocarcinoma cells. *Nutrition Research*, 30(4), 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.04.001>
 31. Amiresmaeili, A., Roohollahi, S., Mostafavi, A., & Askari, N. (2018). Effects of oregano essential oil on brain TLR4 and TLR2 gene expression and depressive-like behavior in a rat model. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 13(2), 130–141. <https://doi.org/10.4103/1735-5362.223795>
 32. Antoniadou, M., & Rozos, G. (2024). Comprehensive bio-screening of phytochemistry and biological capacity of oregano (*Origanum vulgare*) and *Salvia triloba* extracts against oral cariogenic and food-origin pathogenic bacteria. *Biomolecules*, 14(6), 619. <https://doi.org/10.3390/biom14060619>
 33. Assiri, A. M. A., Elbanna, K., Al-Thubiani, A., & Ramadan, M. F. (2016). Cold-pressed oregano (*Origanum vulgare*) oil: A rich source of bioactive lipids with novel antioxidant and antimicrobial properties. *European Food Research and Technology*, 241(7), 1013–1023. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2607-7>
 34. Bahmani, M., Khaksarian, M., & Rafieian-Kopaei, M. (2019). Overview of the therapeutic effects of *Origanum vulgare* and *Hypericum perforatum* based on Iran's ethnopharmacological documents. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 12(7), 1–7. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2018/34177.11728>
 35. Begnini, K. R., Nedel, F., & Lund, R. G. (2014). Composition and antiproliferative effect of essential oil of *Origanum vulgare* against tumor cell lines. *Journal of Medicinal Food*, 17(10), 1129–1133. <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.006339>
 36. Betlej, I., & Żurek, N. (2024). Evaluation of chemical profile and biological properties of extracts of different *Origanum vulgare* cultivars growing in Poland. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(17), 9417. <https://doi.org/10.3390/ijms25179417>

37. Carrasco, A., Perez, E., Cutillas, A. B., Martinez-Gutierrez, R., Tomas, V., & Tudela, J. (2016). *Origanum vulgare* and *Thymbra capitata* essential oils from Spain: Determination of aromatic profile and bioactivities. *Natural Product Communications*, 11(1), 113–120. <https://doi.org/10.1177/1934578X1601100133>
38. Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017). Antimicrobial activity of some essential oils—present status and future perspectives. *Medicines*, 4(3), 58. <https://doi.org/10.3390/medicines4030058>
39. Fonseca, E. C. M., Ferreira, L. R., Figueiredo, P. L. B., Maia, C. D. S. F., Setzer, W. N., & Da Silva, J. K. R. (2023). Antidepressant effects of essential oils: A review of the past decade (2012–2022) and molecular docking study of their major chemical components. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11), 9244. <https://doi.org/10.3390/ijms24119244>
40. Mylenka, M., Gniezdilova, V., Kozak, I., & Riznychuk, N. Influence of cultivation conditions and processing technologies on the composition and quality of *Origanum vulgare* L. essential oil: A systematic review. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2025. № 12. C. 160–167. <https://doi.org/10.15330/jpnubio.12.160-167>
41. Fournomiti, M., Kimbaris, A., & Mantzourani, I. (2015). Antimicrobial activity of essential oils of cultivated oregano (*Origanum vulgare*), sage (*Salvia officinalis*), and thyme (*Thymus vulgaris*) against clinical isolates of *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, and *Klebsiella pneumoniae*. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 26(1), 1–7. <https://doi.org/10.3402/mehd.v26.23289>
42. Georgantopoulos, A., Vougioukas, A., Kalousi, F. D., Tsialtas, I., & Psarra, A. G. (2023). Comparative studies on the anti-inflammatory and apoptotic activities of four Greek essential oils: Involvement in the regulation of NF-κB and steroid receptor signaling. *Life*, 13(7), 1534. <https://doi.org/10.3390/life13071534>
43. Grul'ová, D., Caputo, L., Elshafie, H. S., Baranová, B., De Martino, L., Sedlák, V., Gogaľová, Z., Poráčová, J., Camele, I., & De Feo, V. (2020). Thymol chemotype *Origanum vulgare* L. essential oil as a potential selective bio-based herbicide on

- monocot plant species. *Molecules*, 25(3), 595. <https://doi.org/10.3390/molecules25030595>
44. Da Mata, A. M. O. F., De Aguiar, R. P. S., Paz, M. F. C. J., De Alencar, M. V. O. B., Ferreira, P. M. P., & De Carvalho Melo-Cavalcante, A. A. (2016). Therapeutic potential of essential oils focusing on diterpenes. *Phytotherapy Research*, 30(9), 1420–1444. <https://doi.org/10.1002/ptr.5652>
 45. Kaurinovic, B., Popovic, M., & Vlaisavljevic, S. (2011). Antioxidant capacity of *Ocimum basilicum* L. and *Origanum vulgare* L. extracts. *Molecules*, 16(9), 7401–7414. <https://doi.org/10.3390/molecules16097401>
 46. Khan, M., Khan, S. T., & Khan, M. (2019). Chemical diversity in leaf and stem essential oils of *Origanum vulgare* L. and their effects on microbicidal activities. *AMB Express*, 9(1), 176. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0893-3>
 47. Kokkini, S., Karousou, R., Dardioti, A., Krigas, N., & Lanaras, T. (1997). Autumn essential oils of Greek oregano. *Phytochemistry*, 44(5), 883–886. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(96\)00576-6](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(96)00576-6)
 48. Kotyuk, L. (2011). *Plants of the family Labiatae (Lamiaceae): Spread cultivation, introduction in conditions of Zhytomyr Polissya*. Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/772583>
 49. Ličina, B., & Stefanovic, O. (2013). Biological activities of the extracts from wild growing *Origanum vulgare* L. *Food Control*, 33(2), 498–504. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.020>
 50. Lombrea, A., & Antal, D. S. (2020). A recent insight regarding the phytochemistry and bioactivity of *Origanum vulgare* L. essential oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24), 9653. <https://doi.org/10.3390/ijms21249653>
 51. Gniezdilova, V., Mylenka, M., & Kozak, I. *Origanum vulgare* L.: Botanical features, use in folk medicine, and significance in the cultures of other countries. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2024. № 11. C. 195–200. <https://doi.org/10.15330/jpnu bio.11.195-202>

52. Maithani, A., Maithani, U., & Singh, M. (2023). Botanical description, cultivation practices, essential oil composition and therapeutic values of *Origanum vulgare* L. and its future prospective. *Current Agriculture Research Journal*, 11(2), 348–361. <https://doi.org/10.12944/carj.11.2.01>
53. Mohajeri, H., & Wynn Prudence, K. (2013). Animal and human efficacy data of a brain active oregano extract. *Agro Food Industry Hi Tech*, 24(4), 16–19.
54. Mombeini, T., Mazloumi, S., & Shams, J. (2015). Pharmacological effects of *Origanum vulgare* L. in the elevated plus-maze and open field tests in the rat. *Journal of Basic and Clinical Pathophysiology*, 3(2), 29–36. <https://doi.org/10.22070/jbcp.2015.229>
55. Murray, A., Faraoni, M., Castro, M., Alza, N., & Cavallaro, V. (2013). Natural AChE inhibitors from plants and their contribution to Alzheimer's disease therapy. *Current Neuropharmacology*, 11(4), 388–413. <https://doi.org/10.2174/1570159x11311040004>
56. Papp, N., Barthá, S., & Boris, G. (2011). Traditional uses of medicinal plants for respiratory diseases in Transylvania. *Natural Product Communications*, 6(10), 1459–1460. <https://doi.org/10.1177/1934578X1100601012>
57. Gerami, F., Moghaddam, P. R., Ghorbani, R., & Hassani, A. (2016). Effects of irrigation intervals and organic manure on morphological traits, essential oil content and yield of oregano (*Origanum vulgare* L.). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(4), 2375–2385. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150242>
58. Matłok, N., & Stępień, A. E. (2020). Effects of organic and mineral fertilization on yield and selected quality parameters for dried herbs of two varieties of oregano (*Origanum vulgare* L.). *Applied Sciences*, 10(16), 5503. <https://doi.org/10.3390/app10165503>
59. Baranauskienė, R., & Venskutonis, P. R. (2013). Harvesting time influences the yield and oil composition of *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* and ssp. *hirtum*. *Industrial Crops and Products*, 49, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.048>

60. Baranauskienė, R., & Venskutonis, P. R. (2013). Harvesting time influences the yield and oil composition of *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* and ssp. *hirtum*. *Industrial Crops and Products*, 49, 43–51.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.048>
61. Caputo, L., & Amato, G. (2022). Impact of drying methods on the yield and chemistry of *Origanum vulgare* L. essential oil. *Scientific Reports*, 12(1), 3845.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-07850-y>
62. Tasdemir, D., Kaiser, M., Demirci, B., & Demirci, F. (2019). Antiprotozoal activity of Turkish *Origanum onites* essential oil and its components. *Molecules*, 24(23), 4421. <https://doi.org/10.3390/molecules24234421>
63. Pezzani, R., & Vitalini, S. (2017). Bioactivities of *Origanum vulgare* L.: An update. *Phytochemistry Reviews*, 16(6), 1253–1268. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9535-z>
64. Polat, R., & Satıl, F. (2012). An ethnobotanical survey of medicinal plants in Edremit Gulf (Balıkesir-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 139(2), 626–641.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.12.004>
65. Priti Kumari, L., & Joshi, G. C. (2011). Quantitative assessment and antibacterial activity of *Origanum vulgare*. *Journal of Phytology*, 3(12), 15–21.
66. Rakover, Y., Ben-Arye, E., & Goldstein, L. H. (2008). The treatment of respiratory ailments with essential oils of some aromatic medicinal plants. *Harefuah*, 147(10), 783–788, 838.
67. Reichling, J., & Schnitzler, P. (2009). Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties—An overview. *Forschende Komplementärmedizin*, 16(2), 79–90.
<https://doi.org/10.1159/000207196>
68. Sharifi-Rad, M., & Yılmaz, Y. B. (2020). Phytochemical constituents, biological activities, and health-promoting effects of the genus *Origanum*. *Phytotherapy Research*, 35(1), 95–121. <https://doi.org/10.1002/ptr.6785>

69. Sikkema, J., De Bont, J. A., & Poolman, B. (1995). Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews*, 59(2), 201–222. <https://doi.org/10.1128/mr.59.2.201-222.1995>
70. Sikkema, J., De Bont, J. A., & Poolman, B. (1995). Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews*, 59(2), 201–222. <https://doi.org/10.1128/mr.59.2.201-222.1995>
71. Skoufogianni, E., Solomou, A. D., & Danalatos, N. G. (2019). Ecology, cultivation and utilization of the aromatic Greek oregano (*Origanum vulgare* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 545–552. <https://doi.org/10.15835/nbha47111296>
72. Tawffiq, Z. S., & Almulathanon, A. A. Y. (2022). Phytochemical and pharmacological review on *Origanum vulgare*: A potential herbal cure-all. *Military Medical Science Letters*, 91(1), 36–47. <https://doi.org/10.31482/mmsl.2022.021>
73. Veenstra, J. P., & Johnson, J. J. (2019). Oregano (*Origanum vulgare*) extract for food preservation and improvement in gastrointestinal health. *International Journal of Nutrition*, 3(4), 43–52. <https://doi.org/10.14302/issn.2379-7835.ijn-19-2703>
74. Verma, R. S., Padalia, R. C., Saikia, D., Chauhan, A., & Krishna, V. (2012). Antibacterial activity of *Origanum vulgare* L. populations of Indian origin. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 2(6), 353–359. <https://doi.org/10.1080/22311866.2012.10719143>
75. Bennaoum, Z., Benhassaini, H., & Falconieri, D. (2017). Chemical variability in essential oils from *Ruta* species among seasons, and its taxonomic and ecological significance. *Natural Product Research*, 31(20), 2329–2334. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1281729>
76. Berrington, D., & Lall, N. (2012). Anticancer activity of certain herbs and spices on the cervical epithelial carcinoma (HeLa) cell line. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 564927. <https://doi.org/10.1155/2012/564927>
77. Bilen, M. A., Lin, S. H., & Tang, D. G. (2015). Maintenance therapy containing metformin and/or Zylamend for advanced prostate cancer: A case series. *Case*

Reports in Oncological Medicine, 2015, 471861.

<https://doi.org/10.1155/2015/471861>

78. Bukovska, A., Cikos, S., & Juhas, S. (2007). Effects of a combination of thyme and oregano essential oils on TNBS-induced colitis in mice. *Mediators of Inflammation*, 2007, 23296. <https://doi.org/10.1155/2007/23296>
79. Burt, S. A. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
80. Burt, S. A., van der Zeer, R., & Koets, A. P. (2007). Carvacrol induces heat shock protein 60 and inhibits synthesis of flagellin in *Escherichia coli* O157:H7. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(14), 4484–4490. <https://doi.org/10.1128/ABP.00310-07>
81. Chavan, P. S., & Tupe, S. G. (2014). Antifungal activity and mechanism of action of carvacrol and thymol against vineyard and wine spoilage yeasts. *Food Control*, 46, 115–120. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.034>
82. Cirino, I. C. S., Menezes-Silva, S. M. P., & Silva, H. T. D. (2014). The essential oil from *Origanum vulgare* L. and its individual constituents carvacrol and thymol enhance the effect of tetracycline against *Staphylococcus aureus*. *Chemotherapy*, 60(5), 290–293. <https://doi.org/10.1159/000368869>
83. Cleff, M. B., Madrid, I., & Meinerz, A. R. (2017). Essential oils against *Candida* spp.: In vitro antifungal activity of *Origanum vulgare*. *African Journal of Microbiology Research*, 11(26), 2245–2250. <https://doi.org/10.5897/AJMR2017.8576>
84. Coccimiglio, J., Alipour, M., & Jiang, Z. H. (2016). Antioxidant, antibacterial, and cytotoxic activities of the ethanolic *Origanum vulgare* extract and its major constituents. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1404505. <https://doi.org/10.1155/2016/1404505>
85. Dahiya, P., & Purkayastha, S. (2012). Phytochemical screening and antimicrobial activity of some medicinal plants against multi-drug resistant bacteria from clinical

- isolates. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 74(5), 443–450.
<https://doi.org/10.4103/0250-474X.107080>
86. De Falco, E., Mancini, E., & Roscigno, G. (2013). Chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare* under different growth conditions. *Molecules*, 18(12), 14948–14960.
<https://doi.org/10.3390/molecules181214948>
 87. De Falco, E., Roscigno, G., & Landolfi, S. (2014). Growth, essential oil characterization, and antimicrobial activity of three wild biotypes of oregano under cultivation condition in Southern Italy. *Industrial Crops and Products*, 62, 242–249.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.034>
 88. Economou, G., Panagopoulos, G., & Karamanos, A. (2014). An assessment of the behavior of carvacrol-rich wild Lamiaceae species from the eastern Aegean under cultivation in two different environments. *Industrial Crops and Products*, 54, 62–69.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.004>
 89. Fonseca, A. O. S., Pereira, D. I. B., & Jacob, R. G. (2015a). In vitro susceptibility of Brazilian *Pythium insidiosum* isolates to essential oils of some Lamiaceae family species. *Mycopathologia*, 179(3), 253–258. <https://doi.org/10.1007/s11046-015-9856-7>
 90. Fonseca, A. O. S., Pereira, D. I. B., & Botton, S. A. (2015b). In vitro susceptibility of Brazilian *Pythium insidiosum* isolates to essential oils of some Lamiaceae family species. *Veterinary Microbiology*, 178(3), 265–269.
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.05.012>
 91. Fournomiti, M., Kimbaris, A., & Mantzourani, I. (2015). Antimicrobial activity of essential oils of cultivated oregano (*Origanum vulgare*), sage (*Salvia officinalis*), and thyme (*Thymus vulgaris*) against clinical isolates of *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, and *Klebsiella pneumoniae*. *Microbial Ecology in Health and Disease*, 26(1), 1–7. <https://doi.org/10.3402/mehd.v26.23289>
 92. Fratini, F., Mancini, S., & Turchi, B. (2017). A novel interpretation of the fractional inhibitory concentration index: The case of *Origanum vulgare* L. and *Leptospermum*

scoparium J. R. et G. Forst essential oils against *Staphylococcus aureus* strains. *Microbiological Research*, 195, 11–17.

<https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.11.003>

93. Grbovic, F., Stankovic, M. S., & Curcic, M. (2013). In vitro cytotoxic activity of *Origanum vulgare* L. on HCT-116 and MDA-MB-231 cell lines. *Plants*, 2(3), 371–378. <https://doi.org/10.3390/plants2030371>
94. Grondona, E., Gatti, G., & Lopez, A. G. (2014). Bio-efficacy of the essential oil of oregano (*Origanum vulgare* Lamiaceae. Ssp. *hirtum*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(4), 351–357. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0441-2>
95. Gunawardena, D., Shanmugam, K., & Low, M. (2014). Determination of anti-inflammatory activities of standardised preparations of plant- and mushroom-based foods. *European Journal of Nutrition*, 53(2), 335–343. <https://doi.org/10.1007/s00394-013-0538-4>
96. Gupta, R. K., Patel, A. K., & Shah, N. (2014). Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: A review. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(11), 4405–4409. <https://doi.org/10.7314/apjcp.2014.15.11.4405>
97. Jnaid, Y., Yacoub, R., & Al-Biski, F. (2016). Antioxidant and antimicrobial activities of *Origanum vulgare* essential oil. *International Food Research Journal*, 23(4), 1706–1710.
98. Johnson, C. B., Kazantzis, A., & Skoula, M. (2004). Seasonal, populational and ontogenic variation in the volatile oil content and composition of individuals of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, assessed by GC head-space analysis and by SPME sampling of individual oil glands. *Phytochemical Analysis*, 15(5), 286–292. <https://doi.org/10.1002/pca.778>
99. Kačániová, M., Vukovič, N., & Horská, E. (2014). Antibacterial activity against *Clostridium* genus and antiradical activity of the essential oils from different origin. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 49(7), 505–512. <https://doi.org/10.1080/03601234.2014.901614>

100. Kelen, M., & Tepe, B. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. *Bioresource Technology*, 99(10), 4096–4104.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.026>
101. Гнєздїлова, В. І., Рїзнїчук, Н. І., Миленька, М. М., & Козак, І. І. (2025). Медичнї властивостї *Origanum vulgare* L.: фїтохїмїчний склад та фармакологїчний потенцїал. *Екологїчні науки*. № 5(62). С. 79-84.
<https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.2.13>
102. Kogiannou, D. A. A., Kalogeropoulos, N., & Kefalas, P. (2013). Herbal infusions; their phenolic profile, antioxidant and anti-inflammatory effects in HT29 and PC3 cells. *Food and Chemical Toxicology*, 61, 152–159.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.06.002>
103. Kolberg, M., Paur, I., & Balstad, T. R. (2013). Plant extracts of spices and coffee synergistically dampen nuclear factor-kappaB in U937 cells. *Nutrition Research*, 33(10), 817–830. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2013.07.009>
104. Koldas, S., Demirtas, I., & Ozen, T. (2015). Phytochemical screening, anticancer and antioxidant activities of *Origanum vulgare* L. ssp. *viride* (Boiss.) Hayek, a plant of traditional usage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(4), 786–798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6766>
105. Koukoulitsa, C., Zika, C., & Hadjipavlou-Litina, D. (2006). Inhibitory effect of polar oregano extracts on aldose reductase and soybean lipoxygenase in vitro. *Phytotherapy Research*, 20(7), 605–606. <https://doi.org/10.1002/ptr.1915>
106. Kozłowska, M., Laudy, A. E., & Przybył, J. (2015). Chemical composition and antibacterial activity of some medicinal plants from Lamiaceae family. *Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research*, 72(4), 757–767.
107. Kubatka, P., Kello, M., & Kajo, K. (2016). Oregano demonstrates distinct tumour-suppressive effects in the breast carcinoma model. *European Journal of Nutrition*, 56(3), 1303–1316. <https://doi.org/10.1007/s00394-016-1180-2>

108. Lesjak, M., Simin, N., & Orcic, D. (2016). Binary and tertiary mixtures of *Satureja hortensis* and *Origanum vulgare* essential oils as potent antimicrobial agents against *Helicobacter pylori*. *Phytotherapy Research*, 30(3), 476–484.
<https://doi.org/10.1002/ptr.5546>
109. Ličina, B. Z., Stefanović, O. D., & Vasić, S. M. (2013). Biological activity of the extracts from wild growing *Origanum vulgare* L. *Food Control*, 33(2), 498–504.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.020>
110. Magi, G., Marini, E., & Facinelli, B. (2015). Antimicrobial activity of essential oils and carvacrol and synergy of carvacrol and erythromycin-resistant Group A Streptococci. *Frontiers in Microbiology*, 6, 165.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00165>
111. Maida, I., Lo Nostro, A., & Pesavento, G. (2014). Exploring the anti-Burkholderia complex activity of essential oils: A preliminary analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 573.
<https://doi.org/10.1155/2014/573518>
112. Marrelli, M., Cristaldi, B., & Menichini, F. (2015). Inhibitory effects of wild dietary plants on lipid peroxidation and on the proliferation of human cancer cells. *Food and Chemical Toxicology*, 86, 16–24.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.09.006>
113. Martins, N., Barros, L., & Santos-Buelga, C. (2014). Decoction, infusion and hydroalcoholic extract of *Origanum vulgare* L.: Different performances regarding bioactivity and phenolic compounds. *Food Chemistry*, 158, 73–80.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.099>
114. Mazzarrino, G., Paparella, A., & Chaves-López, C. (2015). *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* inactivation dynamics after treatment with selected essential oils. *Food Control*, 50, 794–803.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.030>

115. Mehreen, A., Waheed, M., & Liaqat, I. (2016). Phytochemical, antimicrobial, and toxicological evaluation of traditional herbs used to treat sore throat. *BioMed Research International*, 2016, 8503426. <https://doi.org/10.1155/2016/8503426>
116. Miller, A. B., Cates, R. G., & Lawrence, M. (2015). The antibacterial and antifungal activity of the essential oils from Guatemalan medicinal plants. *Pharmaceutical Biology*, 53(4), 548–554.
<https://doi.org/10.3109/13880209.2014.931758>
117. Misharina, T. A., Burlakova, E. B., & Fatkullina, L. D. (2013). Effect of oregano essential oil on the engraftment and development of Lewis carcinoma in F1 DBA C57 black hybrid mice. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 49(5), 423–428.
<https://doi.org/10.1134/S000368381305011X>
118. Moshayedi, S., Shahraz, F., & Schaffner, D. W. (2013). In vitro control of *Enterococcus faecalis* by *Zataria multiflora* Boiss, *Origanum vulgare* L. and *Mentha pulegium* essential oils. *Journal of Food Safety*, 33(3), 327–332.
<https://doi.org/10.1111/jfs.12056>
119. Nagoor Meeran, M. F., Javed, H., & Tae, H. A. (2017). Pharmacological properties and molecular mechanisms of thymol: Prospects for its therapeutic potential and pharmaceutical development. *Frontiers in Pharmacology*, 8, 380.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00380>
120. Ocana-Fuentes, A., Arranz-Gutierrez, E., & Senorans, F. J. (2010). Supercritical fluid extraction of oregano (*Origanum vulgare*) essential oils: Anti-inflammatory properties based on cytokine response on THP-1 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48(6), 1568–1575. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.03.027>
121. Paur, I., Balstad, T. R., & Kolberg, M. (2010). Extract of oregano, coffee, thyme, clove, and walnuts inhibits NF-kappaB in monocytes and in transgenic reporter mice. *Cancer Prevention Research*, 3(5), 653–663. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-09-0158>
122. Pei, R. S., Zhou, F., & Ji, B. P. (2009). Evaluation of combined antibacterial effects of eugenol, cinnamaldehyde, thymol, and carvacrol against *E. coli* with an improved

- method. *Journal of Food Science*, 74(7), 379–383. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01289.x>
123. Pesavento, G., Maida, I., & Lo Nostro, A. (2016). Essential oil from *Origanum vulgare* completely inhibits the growth of multidrug-resistant cystic fibrosis pathogens. *Natural Product Communications*, 11(6), 861–864.
 124. Pezzani, R., Rubin, R., & Monticelli, H. (2016, September 11–15). *The usefulness of oregano's phytocomplex crude extract: Novel anti-proliferative effects in adrenocortical tumor cells* [Paper presentation]. XXV Italo-Latin American Congress of Ethnomedicine (SILAE), University of Modena and Reggio Emilia, Modena, Italy.
 125. Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. Edagricole.
 126. Rahman, T., Hosen, I., & Islam, M. (2012). Oxidative stress and human health. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 3(7), 997–1019. <https://doi.org/10.4236/abb.2012.37123>
 127. Rat, M. M., Gavaric, N. S., & Kladar, N. V. (2016). The phenolics of the *Ornithogalum umbellatum* L. (Hyacinthaceae): Phytochemical and ecological characterization. *Chemistry & Biodiversity*, 13(11), 1551–1558. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600170>
 128. Rios, J. L., Recio, M. C., & Escandell, J. M. (2009). Inhibition of transcription factors by plant-derived compounds and their implications in inflammation and cancer. *Current Pharmaceutical Design*, 15(11), 1212–1237. <https://doi.org/10.2174/138161209787846755>
 129. Sahin, F., Gulluce, M., & Daierera, D. (2004). Biological activities of the essential oils and methanol extract of *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* in Eastern Anatolia region of Turkey. *Food Control*, 15(7), 549–557. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.09.006>
 130. Sánchez, G., & Aznar, R. (2015). Evaluation of natural compounds of plant origin for inactivation of enteric viruses. *Food and Environmental Virology*, 7(2), 183–187. <https://doi.org/10.1007/s12560-014-9173-9>

- 131.Sankar, R., Karthik, A., & Prabu, A. (2013). *Origanum vulgare* mediated biosynthesis of silver nanoparticles for its antibacterial and anticancer activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 108, 80–84.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2013.02.029>
- 132.Sarrou, E., Tsivelika, N., & Chatzopoulou, P. (2017). Conventional breeding of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) and development of improved cultivars for yield potential and essential oil quality. *Euphytica*, 213(5), 104.
<https://doi.org/10.1007/s10681-017-1886-5>
- 133.Savini, I., Arnone, R., & Catani, M. V. (2009). *Origanum vulgare* induces apoptosis in human colon cancer Caco2 cells. *Nutrition and Cancer*, 61(3), 381–389. <https://doi.org/10.1080/01635580802552940>
- 134.Scandorieiro, S., de Camargo, L. C., & Lancheros, C. A. C. (2016). Synergistic and additive effect of oregano essential oil and biological silver nanoparticles against multidrug-resistant bacterial strains. *Frontiers in Microbiology*, 7, 760.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00760>
- 135.Skendi, A., Irakli, M., & Chatzopoulou, P. (2017). Analysis of phenolic compounds in Greek plants of Lamiaceae family by HPLC. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 6, 62–69.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.02.001>
- 136.Skendi, A., Irakli, M., & Chatzopoulou, P. (2017). Analysis of phenolic compounds in Greek plants of Lamiaceae family by HPLC. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 6, 62–69.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.02.001>
- 137.Souares, I. H., Loreto, E. S., & Rossato, L. (2015). In vitro activity of essential oil extracted from condiments against fluconazole-resistant and -sensitive *Candida glabrata*. *Journal de Mycologie Médicale*, 25(3), 213–217.
<https://doi.org/10.1016/j.jmycmed.2015.06.002>

138. Somnavilla, V., Haidacher-Gasser, D., & Sgarbossa, M. (2012). Seasonal variation in phenolics in leaves of *Celtis australis* (Cannabaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*, 41, 110–114. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.12.003>
139. Srihari, T., Sengottuvelan, M., & Nalini, N. (2008a). Dose-dependent effect of oregano (*Origanum vulgare* L.) on lipid peroxidation and antioxidant status in 1,2-dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 60(6), 787–794. <https://doi.org/10.1211/jpp.60.6.0014>
140. Srihari, T., Balasubramaniyan, V., & Nalini, N. (2008b). Role of oregano on bacterial enzymes in 1,2-dimethylhydrazine-induced experimental colon carcinogenesis. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 86(10), 667–674. <https://doi.org/10.1139/y08-072>
141. Stelter, K., Frahm, J., & Paulsen, J. (2013). Effects of oregano on performance and immunomodulating factors in weaned piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 67(6), 461–476. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2013.856976>
142. Stojković, D., Glamočlija, J., & Ćirić, A. (2013). Investigation on antibacterial synergism of *Origanum vulgare* and *Thymus vulgaris* essential oils. *Archives of Biological Sciences*, 65(2), 639–643. <https://doi.org/10.2298/ABS1302639S>
- 143.. Teixeira, B., Marques, A., & Ramos, C. (2013). Chemical composition and bioactivity of different oregano (*Origanum vulgare*) extracts and essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2707–2714. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6089>
144. Tusevski, O., Kostovska, A., Iloska, A., Trajkovska, L., & Simic, S. G. (2014). Phenolic production and antioxidant properties of some Macedonian medicinal plants. *Central European Journal of Biology*, 9(9), 888–900. <https://doi.org/10.2478/s11535-014-0322-x>
145. Valadez-Vega, C., Ganem-Rondero, A., & García-Macedo, R. (2013). The role of natural antioxidants in cancer disease. In J. A. Morales González (Ed.), *Oxidative stress and chronic degenerative diseases* (pp. 37–58). InTech. <https://doi.org/10.5772/51503>

146. Valente, J. S., Fonseca, A. O. S., & Denardi, L. B. (2016). In vitro activity of antifungals in combination with essential oils against the oomycete *Pythium insidiosum*. *Journal of Applied Microbiology*, 121(4), 998–1003. <https://doi.org/10.1111/jam.13222>
147. Vasko, L., Vaskova, J., & Fejercakova, A. (2014). Comparison of some antioxidant properties of plant extracts from *Origanum vulgare*, *Salvia officinalis*, *Eleutherococcus senticosus* and *Stevia rebaudiana*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Animal*, 50(7), 614–622. <https://doi.org/10.1007/s11626-014-9764-x>
148. Vokou, D., Kokkini, S., & Bessiere, J. M. (1993). Geographic variation of Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) essential oils. *Biochemical Systematics and Ecology*, 21(2), 287–295. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(93\)90045-O](https://doi.org/10.1016/0305-1978(93)90045-O)
149. Vujicic, M., Nikolic, I., & Kontogianni, V. G. (2015). Methanolic extract of *Origanum vulgare* ameliorates type 1 diabetes through antioxidant, anti-inflammatory and anti-apoptotic activity. *British Journal of Nutrition*, 113(5), 770–782. <https://doi.org/10.1017/S000711451400407X>
150. Waller, S. B., Madrid, I. M., & Cleff, M. B. (2016). Effects of essential oil of *Rosmarinus officinalis* Linn. and *Origanum vulgare* Linn. from different origins on *Sporothrix brasiliensis* and *Sporothrix schenckii* complex. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68(4), 991–999. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8509>
151. Yaldiz, G., Arici, K., & Yilmaz, G. (2017). Phytochemical analysis, antioxidant and antibacterial activities of four Lamiaceae species cultivated in barnyard manure. *Journal of Agricultural Sciences*, 23(1), 95–108.
152. Zhamanbayeva, G. T., Aralbayeva, A. N., & Murzakhmetova, M. K. (2016). Cooperative antiproliferative and differentiation enhancing activity of medicinal plant extracts in acute myeloid leukemia cells. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 82, 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.04.053>

153. Zhang, Y. L., Pang, L. Q., & Wu, Y. (2008). Significance of Bcl-xL in human colon carcinoma. *World Journal of Gastroenterology*, 14(20), 3069–3073.
<https://doi.org/10.3748/wjg.14.3069>
154. Zhao, Y., Forst, C. V., & Sayegh, C. E. (2016). Molecular and genetic inflammation networks in major human diseases. *Molecular BioSystems*, 12(8), 2318–2341. <https://doi.org/10.1039/C6MB00277K>
155. Herbal Reality. (n.d.). *Oregano*. <https://www.herbalreality.com/herb/oregano/>
156. Spice it up: Oregano. (n.d.). *Coaldale Library*.
<https://coaldalelibrary.ca/content/download/75938/file/Spice%20it%20Up%20June-Oregano.pdf>
157. ResearchGate. (n.d.). *Mediterranean aromatic herbs and their culinary use*.
https://www.researchgate.net/publication/348676994_Mediterranean_aromatic_herbs_and_their_culinary_use
158. Белова, Н. В. (2013). Розподіл осушених земель в агроландшафтах Передкарпаття. *Вісник ЛНУ ім. І. Франка. Серія: Географія*, (41), 3–11.
http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_Geograf_2013_41_3
159. Хевпа, З. З. (2024). Еколого-геодинамічна характеристика формування родовищ калійних солей (на прикладі Стебницького родовища Українських Карпат). *Мінеральні ресурси України*, (3), 73–77.
<https://doi.org/10.31996/mru.2024.3.73-77>
160. Лужанська, Т. Ю., & Лета, В. В. (2024). *Географія Карпатського регіону: навчальний посібник*. МДУ.
<http://dspace.msu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/12042>
161. Болюх, О. І. (1975). Питання ерозії та охорони схилівих земель Передкарпаття. *Вісник ЛДУ ім. І. Франка. Серія: Географія*, (9), 98–104.
<https://lib-repo.pnu.edu.ua/bitstream/123456789/4547/1/erodovan-st-zemel-v-agrolandshaftah-peredkarpattya.pdf>
162. Вортман, Д. Я. (2011). *Прикарпаття*. Енциклопедія історії України. Наукова думка.

163. Воропай, Л. І., Куниця, М. О. *Клімат. Характеристика основних метеорологічних елементів*. Українські Карпати.
<http://www.karpaty.com.ua/?chapter=5&item=163>
164. Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій. (n.d.). <https://www.meteo.gov.ua/>
165. Климчук, М. М., Козак, Т. І., Куцела, О. Я., & Куліш, В. В. (2009). *Ботанічний сад Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника: путівник*. Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника.
166. Козак, Т. І., Буняк, В. І., & Куцела, О. Я. (2018). Дендрологічний парк «Дружба» як науковий та екологічно-просвітницький центр Прикарпаття. *Журнал Запоріжжя*.
167. Ворошук, М. Д., Косар, В. І., Турак, О. Ю., & Климчук, М. М. (2012). Ґрунти дендрологічного парку «Дружба» як об'єкт для проведення навчально-наукових досліджень. *Збірник наукових праць до 40-річчя дендрологічного парку загальнодержавного значення «Дружба» імені З.Ю. Павлика*, 35–51.
168. Куліш, В. В., & Гнєзділова, В. І. (2012). Дерева й чагарники культивовані в дендропарку «Дружба» ім. З.Ю. Павлика. *Збірник наукових праць до 40-річчя дендрологічного парку загальнодержавного значення «Дружба» імені З.Ю. Павлика*, 4–15.
169. Різничук Н.І. (2012). Особливості онтогенезу *Polygonatum verticillatum* (L.) ALL. в Українських Карпатах. *Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія Біологія*, 17, 73–76. URL: <https://librepo.pnu.edu.ua/bitstream/123456789/17677/1/%d0%a0%d1%96%d0%b7%d0%bd%d0%b8%d1%87%d1%83%d0%ba%20%d0%9d.%d0%86.%20%d0%a1.73-76.pdf>
170. Різничук Н.І. (2018). Види роду *Polygonatum* Mill. у Передкарпатті: монографія. Видавець Кушнір Г. М., Івано-Франківськ.
171. BBCH Monograph (2001). Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. *Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*, 2, 1–158. URL:

https://www.masaf.gov.it/flex/AppData/WebLive/Agrometeo/MIEPFY800/BBCH_engl2001.pdf

172. Тумочко, І., Нрынк, О., Мельник, У., & Скробах, Т. (2016). Вікова структура ценопопуляцій *Allium ursinum* L. Та їхні потенційні біологічні запаси у різних типах лісу в умовах Передкарпаття. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(7), 162–171. <https://doi.org/10.15421/40260726>
173. Дубляк, А., Різничук, Н., та Гнєзділова, В. (2024). Онтогенетична структура та насіннєва продуктивність *Arnica montana* L. в Українських Карпатах. *Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Біологія*, 11, 168–176. <https://doi.org/10.15330/jpnubio.11.168-176>
174. Лабораторія УкрХімАналіз. URL: <https://himanaliz.ua/uk/poslugi/khimichniy-analiz-gruntu/>
175. Бондарєва, Л., Скляр, В., Бондарєв, М., Рощупкін, А., Бутенко, С., Антал, Т., Торяник, В., Мікуліна, М., Китайгора, А. та Прокоф'єв, Д. (2024). Екологічний моніторинг популяцій лікарських рослин за різних еколого-ценотичних та антропогенних умов навколишнього середовища. *Екологічна інженерія та екологічні технології*, 25(8), 285–296. <https://doi.org/10.12912/27197050/190038>
176. Журавльов М.С. (2000). Вивчення біологічно активних речовин представників роду щавель. *Вісник фармації*, 4 (24), 14–17.
177. Ковальов В.М., Журавльов М.С. (2000). Флавоноли та оксикоричні кислоти деяких видів рослин роду щавель. *Фізіологічно активні речовини*. 2 (30), 101–103.
178. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. (2000). Фармакогнозія з основами біохімії рослин: підруч. [для студ. вищ. фармац. навч. закл. та фармац. ф-тів вищ. мед. навч. закл. III – IV рівнів акрид. (2-е вид.)]. *НФАУ*. 546–551.
179. Державна Фармакопея України. (2015) *ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів»*. 2-ге вид. Харків : Рипрег., 1, 1128.

180. Skliar V., Kapinos N., Sherstiuk M., & Kovalchuk N. (2025). The impact of forest fires on ecosystem. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 2(16), 99–114. <https://doi.org/10.31548/forest/2.2025.99>
181. Skliar V., Skliar Yu., Sherstiuk M., Smoliar N., Kanivets O. (2024). Use of environmental indicators to assess the state of forest ecosystems. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 3(15), 25–42. <https://doi.org/10.31548/forest/3.2024.25>
182. Мойсієнко І. І., Мельник Р. П., & Захарова, М. Я. (2022). Анотований список видів флори екопоселення «Радуга» (Херсонська область, Україна). *Chornomorski Botanical Journal*, 18(4), 359–371. <https://doi.org/10.32999/ksu1990-553X/2022-18-4-3>
183. Карпатський біосферний заповідник. URL: <https://kbz.in.ua/>
184. Карпатський національний природний парк. URL: <https://karpatskyi-park.in.ua/>
185. Галицький національний природний парк. URL: <https://gnp.forest.gov.ua/>
186. Національний природний парк «Верховинський». URL: <https://verkhovynskyi-park.in.ua/>
187. Природний заповідник «Горгани». URL: <https://gorgany-zapovidnyk.in.ua/>
188. Скляр В., Скляр Ю. (2024) Онтогенетична структура популяцій лісоутворювальних видів лівобережного Полісся України. *Матеріали XV З'їзду Українського ботанічного товариства (Івано-Франківськ, 30 вересня – 4 жовтня 2024). Одеса: Видавничий дім «Гельветика»*, 1, 87.
189. Haridzhuk, S., & Riznychuk, N. Distribution of *Origanum vulgare* L. in the Subcarpathian and Carpathian regions for further cultivation within the Ivano-Frankivsk oblast. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2024. № 11. С. 183–188. <https://doi.org/10.15330/jpnubio.11.183-188>
190. Гаріджук С. Аналіз впливу агрохімічних показників ґрунту на схожість інтродукованого виду *Origanum vulgare* L. *Development of science, technology and culture in the XXI century, збірник матеріалів: Міжнародної науково-практичної конференції*. Варшава, Польща. 2025. С. 51–54. URL: <https://emed.library.gov.ua/wp-content/uploads/tainacan->

[items/50160/199339/Development-of-Science-Technology-and-Culture-in-the-XXI-Century.pdf](#)

191. Skliar, V., Bortnik, A., Zubtsova, I., Klymenko, H., & Vakal, A. (2025). Soil microbiomes as component of pedosphere biodiversity and factor in formation of crop yields. *Scientific Horizons*, 28(1), 100–109. <https://doi.org/10.48077/scihor1.2025.100>
192. Мельник, Р., & Іванов, О. (2024). Визначення алелопатичної активності *Ambrosia Artemisiifolia* L. в умовах Півдня України (м. Херсон). *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, 134–138. <https://doi.org/10.36074/logos-18.10.2024.034>
193. Haridzhuk S., Riznychuk N., Phenology and Morphological Changes of *Origanum vulgare* L. during Introduction in the Precarpathian Region. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2025. 12. 141–148. <https://doi.org/10.15330/jpnubio.12.141-148>
194. Гаріджук С., Різничук Н. І. Морфологічна мінливість інтродукованої та природної популяцій *Origanum vulgare* L. у Карпатському регіоні. *Екологічні науки*. 2025. 5 (62/1). 163-167. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.24>
195. Гаріджук С. Адаптаційна здатність та особливості фенології *Origanum vulgare* L. В умовах інтродукції на Прикарпатті. *Сталий розвиток – стан та перспективи: збірник матеріалів V Міжнародного наукового симпозіуму*. Львів-Славсько, Україна. 2026. 594.
URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2025/40390/importantdoc/06lushchymariyazbirnykmaterialivvsymposiumu.pdf>
196. Гаріджук С. Порівняння морфологічних показників *Origanum vulgare* L. у межах Передкарпаття. *«Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності»*: збірник матеріалів V Міжнародної наукової конференції. Кривий Ріг, Україна. 2025. 258–260.
URL: <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conferenceproceeding/issue/view/21>.

[11.2025/70](#)

197. Гаріджук С. Дослідження інтродукції *Origanum vulgare* L. за рахунок порівняння інтродуцентів з насіння та саджанців у нових екологічних умовах передкарпаття. *AMERICAN-UKRAINIAN FORUM OF SCIENCE AND EDUCATION*: матеріали збірника Міжнародної науково-практичної конференції. Нью-Йорк, США. 2026.

URL: <https://naukainfo.com/conference?id=114>

ДОДАТКИ

Додаток А

**Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про
апробацію результатів дисертації**

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б:

1. Haridzhuk S., Riznychuk N., Phenology and Morphological Changes of *Origanum vulgare* L. during Introduction in the Precarpathian Region. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2025. № 12. С. 141–148.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnubio.12.141-148>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnubio/article/view/10018/9953>

2. Haridzhuk, S., & Riznychuk, N. Distribution of *Origanum vulgare* L. in the subcarpathian and carpathian regions for further cultivation within the Ivano-Frankivsk oblast. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University. Biology*. 2024. № 11. С. 183–188.

DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnubio.11.183-188>

URL: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/jpnubio/article/view/9801/9984>

3. Гаріджук С., Різничук Н. І. Морфологічна мінливість інтродукованої та природної популяцій *Origanum vulgare* L. у Карпатському регіоні. *Екологічні науки*. 2025. № 5 (62/1). С. 163–167.

DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.24>

URL: https://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2025/62/part_1/26.pdf

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. Гаріджук С. Порівняння морфологічних показників *Origanum vulgare* L. у межах Передкарпаття. «Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності»: збірник матеріалів V Міжнародної наукової конференції. Кривий Ріг, Україна. 2025. С. 258–260.

URL: <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conferenceproceeding/issue/view/21.11.2025/70>

5. Гаріджук С. Адаптаційна здатність та особливості фенології *Origanum vulgare* L. В умовах інтродукції на Прикарпатті. *Сталий розвиток – стан та перспективи*: збірник матеріалів V Міжнародного наукового симпозіуму. Львів-Славсько, Україна. 2026. С. 594.

URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2025/40390/important_doc/06lushchykmariyazbirnykmaterialivvsympoziumu.pdf

6. Гаріджук С. Аналіз впливу агрохімічних показників ґрунту на схожість інтродукованого виду *Origanum vulgare* L. *DEVELOPMENT OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND CULTURE IN THE XXI CENTURY* збірник матеріалів: Міжнародної науково-практичної конференції. Варшава, Польща. 2025. С. 51– 54.

URL: <https://emed.library.gov.ua/wp-content/uploads/tainacan-items/50160/199339/Development-of-Science-Technology-and-Culture-in-the-XXI-Century.pdf>

7. Гаріджук С. Дослідження інтродукції *Origanum vulgare* L. за рахунок порівняння інтродуцентів з насіння та саджанців у нових екологічних умовах передкарпаття. *AMERICAN-UKRAINIAN FORUM OF SCIENCE AND EDUCATION*: матеріали збірника Міжнародної науково-практичної конференції. Нью-Йорк, США. 2026.

URL: <https://naukainfo.com/conference?id=114>

Додаток Б

Морфометричні показники (середнє значення) дикорослих ценопопуляцій

Origanum vulgare L.

Показник / Стадія розвитку	Ювеніл ьна стадія розвитк у	Іматур на стадія розвит ку	Віргініл ьна стадія розвитк у	Генеративна стадія розвитку			Постгенеративна стадія розвитку	
				Молоді	Середньов ікові	Старі	Субсини льна	Синиль на
Висота пагона	2,54±0, 68	8,90±2, 99	46,50±6, 19	60,40±4 ,23	72,10±3,08	68,10±2 ,56	42,10±4,3 6	—
Кількість листіків	10,48±2 ,02	16,32±2 ,98	50,0±4,7 0	87,60±3 ,60	88,90±3,60	76,40±4 ,50	54,32±3,6 2	—
Довжина листка	1,14±0, 23	1,40±0, 20	2,00±0,3 9	2,33±0, 46	3,10±0,68	2,80±0, 37	2,63±0,47	—
Ширина листка	0,85±0, 13	0,76±0, 16	1,40±0,2 3	1,97±0, 33	2,40±0,50	1,86±0, 52	1,80±0,31	—
Відстань між вузлами	0,90±0, 18	0,94±0, 31	2,10±0,5 1	3,04±0, 82	3,30±0,76	4,67±1, 45	4,85±2,36	—
Довжина кореня	3,72±0, 55	8,16±2, 23	16,1±1,5 8	20,24±3 ,23	23,80±2,53	24,20±3 ,89	24,20±3,8 9	24,20±3 ,89
Кількість суцвітть	—	—	—	7,04±2, 14	12,60±2,16	3,16±1, 43	—	—
Кількість квітів у суцвітті	—	—	—	20,28±2 ,74	28,50±2,31	28,50±2 ,31	—	—
Кількість квітів що розпусти лись	—	—	—	0,29±0, 42	24,30±2,02	14,88±2 ,16	—	—
Кількість утворено го насіння	—	—	—	—	99,04±8,02	37,89±7 ,43	—	—

Додаток В

Морфометричні показники (середнє значення) інтродуктованої популяції

Origanum vulgare L. першого року на території дедрологічного парку

«Дружба»

Показник / Стадія розвитку	Ювенільна стадія розвитку	Іматурна стадія розвитку	Віргінільна стадія розвитку	Генеративна стадія розвитку			Постгенеративна стадія розвитку	
				Молоді	Середньовікові	Старі	Субсинильна	Синильна
Висота пагона	2,76±0,70	10,54±2,45	27,7±1,39	42,43±3,35	44,20±2,44	41,60±2,50	34,60±2,51	—
Кількість листків	10,27±1,36	13,60±1,61	31,9±2,05	58,40±4,83	62,73±2,20	53,67±2,78	31,93±2,60	—
Довжина листка	1,06±0,29	1,25±0,20	1,84±0,28	3,56±0,27	3,90±0,32	3,38±0,32	2,82±0,19	—
Ширина листка	0,60±0,21	0,69±0,18	1,23±0,20	2,43±0,27	2,48±0,28	2,16±0,24	1,34±0,18	—
Відстань між вузлами	0,79±0,23	0,85±0,16	2,68±0,59	3,84±0,27	4,03±0,18	4,87±0,32	5,24±0,19	—
Довжина кореня	3,47±1,19	10,02±1,56	20,6±3,54	27,99±1,31	29,89±2,60	29,82±2,70	29,82±2,70	29,82±2,70
Кількість суцвітть	—	—	—	4,27±1,62	5,67±1,21	4,83±0,87	—	—
Кількість квітів у суцвітті	—	—	—	14,23±12,93	17,73±1,93	14,13±1,72	—	—
Кількість квітів що розпустились	—	—	—	0,20±0,48	16,67±2,41	5,47±1,68	—	—
Кількість утвореного насіння	—	—	—	—	66,67±9,65	21,87±6,70	—	—

Додаток Г

**Морфометричні показники (середнє значення) інтродуктованої
популяції *Origanum vulgare* L. другого року на території дедрологічного парку
«Дружба»**

Показник / Стадія розвитку	Ювеніл ьна стадія розвитк у	Іматур на стадія розвит ку	Віргініл ьна стадія розвитк у	Генеративна стадія розвитку			Постгенеративна стадія розвитку	
				Молоді	Середньов ікові	Старі	Субсини льна	Синиль на
Висота пагона	2,76±0, 70	11,51±2 ,41	41,70±2 ,82	68,90±2, 48	70,73±3,48	68,10± 2,56	66,20±2, 89	—
Кількість листіків	8,27±1, 95	15,13± 1,80	46,00±2 ,63	103,47± 3,86	117,33±3,9 8	76,40± 4,50	84,00±3, 60	—
Довжина листка	0,67±0, 31	1,25±0, 20	1,84±0, 28	3,51±0,3 2	3,52±0,34	2,80±0, 37	3,50±0,3 1	—
Ширина листка	0,60±0, 21	0,69±0, 18	1,23±0, 22	2,74±0,3 5	2,74±0,35	1,86±0, 52	2,51±0,2 3	—
Відстань між вузлами	0,79±0, 23	0,86±0, 17	2,73±0, 68	3,84±0,3 0	4,08±0,20	4,48±0, 39	4,85±2,3 6	—
Довжина кореня	3,47±1, 19	8,68±1, 62	20,4±3, 81	24,36±2, 61	27,99±1,31	24,36± 2,61	24,36±2, 61	24,36± 2,61
Кількість суцвітть	—	—	—	13,70±1, 68	15,43±1,45	5,33±1, 47	—	—
Кількість квітів у суцвітті	—	—	—	26,40±1, 50	26,90±2,25	14,80± 2,51	—	—
Кількість квітів що розпусти лись	—	—	—	0,17±0,5 9	25,63±2,13	12,70± 2,12	—	—
Кількість утворено го насіння	—	—	—	—	102,53±8,5 0	50,80± 8,48	—	—

Додаток Д

**Морфометричні показники (середнє значення) інтродуктованої
насінням популяції *Origanum vulgare* L. на території земельної ділянки в місті
Тлумачі**

Показник / Стадія розвитку	Ювеніл ьна стадія розвитк у	Іматур на стадія розвит ку	Віргініл ьна стадія розвитк у	Генеративна стадія розвитку			Постгенеративна стадія розвитку	
				Молоді	Середньов ікові	Старі	Субсини льна	Синиль на
Висота пагона	2,76±0, 70	10,55±2 ,52	27,8±2,2 2	41,13±3 ,03	42,53±2,46	38,17±2 ,73	23,53±1,9 1	—
Кількість листіків	10,33±1 ,42	13,67±1 ,75	30,9±2,8 7	57,33±5 ,23	62,20±2,59	48,33±2 ,73	24,07±2,6 0	—
Довжина листка	1,04±0, 27	1,26±0, 20	1,86±0,3 0	3,51±0, 28	3,81±0,34	2,92±0, 35	2,36±0,14	—
Ширина листка	0,60±0, 21	0,69±0, 15	1,22±0,1 8	2,40±0, 23	2,41±0,26	1,72±0, 29	1,64±0,20	—
Відстань між вузлами	0,79±0, 23	0,90±0, 21	2,74±0,7 5	3,82±0, 24	4,00±0,23	4,14±0, 29	4,38±0,40	—
Довжина кореня	3,47±1, 17	10,16±1 ,52	20,1±3,8 2	27,71±1 ,13	27,71±1,13	27,71±1 ,13	27,71±1,1 3	27,71±1 ,13
Кількість суцвітть	—	—	—	10,13±0 ,82	10,13±0,82	4,07±0, 74	—	—
Кількість квітів у суцвітті	—	—	—	21,47±2 ,00	22,63±2,06	11,10±1 ,12	—	—
Кількість квітів що розпусти лись	—	—	—	0,10±0, 31	21,47±2,00	6,60±1, 61	—	—
Кількість утворено го насіння	—	—	—	—	85,87±7,98	26,40±6 ,44	—	—

Додаток Е

**Морфометричні показники (середнє значення) інтродуктованої
вегетативним способом популяції *Origanum vulgare* L. на території земельної
ділянки в місті Тлумачі**

Показник / Стадія розвитку	Ювеніл ьна стадія розвитк у	Іматур на стадія розви тку	Віргініл ьна стадія розвитк у	Генеративна стадія розвитку			Постгенеративна стадія розвитку	
				Молоді	Середньов ікові	Старі	Субсини льна	Синиль на
Висота пагона	—	—	20,9±1,0 8	26,50±1 ,27	26,50±1,27	23,40±1 ,58	19,03±1,2 3	—
Кількість листіків	—	—	32,6±2,6 9	56,20±3 ,33	49,00±2,54	39,60±2 ,07	22,60±2,6 7	—
Довжина листка	—	—	1,70±0,1 0	2,91±0, 34	2,91±0,34	2,34±0, 21	1,86±0,13	—
Ширина листка	—	—	1,10±0,1 1	2,25±0, 20	2,25±0,20	1,68±0, 12	0,90±0,08	—
Відстань між вузлами	—	—	2,10±0,5 1	3,23±0, 26	3,23±0,26	3,87±0, 29	4,85±0,24	—
Довжина кореня	—	—	15,5±1,1 5	22,70±0 ,95	22,70±0,95	22,70±0 ,95	22,70±0,9 5	22,70±0 ,95
Кількість суцвітть	—	—	—	1,90±0, 99	3,50±0,85	2,00±0, 67	—	—
Кількість квітів у суцвітті	—	—	—	15,40±1 ,96	16,50±1,27	2,00±0, 94	—	—
Кількість квітів що розпусти лись	—	—	—	0,60±0, 52	13,50±1,58	0,90±1, 10	—	—
Кількість утворено го насіння	—	—	—	—	54,00±6,32	3,60±4, 40	—	—



УКРАЇНА

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА МІСЬКА РАДА

ДЕПАРТАМЕНТ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ, ЕКОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

76608, м. Івано-Франківськ, вул. Грушевського, 21 тел. (0342) 552117, 551928

e-mail: economic@mvk.if.ua

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів науково-дослідних робіт

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи для здобуття ступеня доктора філософії (PHD) на тему: «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» за спеціальністю 101 Екологія, виконаної у Карпатському національному університеті імені Василя Стефаника аспіранткою Гаріджук Світланою Василівною, впроваджено у практичну діяльність Департаменту економічного розвитку, екології та енергозбереження Івано-Франківської міської ради.

Вид впроваджених результатів: впровадження диференційованих методів інтродукції *Origanum vulgare* L. залежно від едафічних умов, а також застосування результатів фенологічних спостережень для визначення оптимальних строків збору врожаю у фазі масового цвітіння.

Отриманий практичний ефект: оптимізація агротехнологічних процесів вирощування ефіроолійної культури з урахуванням локального мікроклімату Передкарпаття, що дозволило мінімізувати втрати посадкового матеріалу та створити надійну базу для стабільного отримання високоякісної лікарської сировини.

Директор Департаменту



Світлана КРИВОРУЧКО



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ результатів науково-дослідних робіт

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи для здобуття ступеня доктора філософії (PHD) на тему: «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» за спеціальністю 101 Екологія, виконаної у Карпатському національному університеті імені Василя Стефаника аспіранткою Гаріджук Світланою Василівною, впроваджено у практичну діяльність Департаменту інфраструктури, житлової та комунальної політики Івано-Франківської міської ради.

Вид впроваджених результатів: використання результатів оцінки екологічної пластичності та адаптивної здатності багаторічної декоративної і лікарської рослини *Origanum vulgare* L., застосування рекомендацій щодо вегетативного методу висаджування (саджанцями) для забезпечення максимальної приживлюваності на складних та важких міських ґрунтах, а також залучення даних щодо високої зимостійкості та формування низькорослої стійкої форми для озеленення урбанізованих територій.

Отриманий практичний ефект: удосконалення підходів до планування та реконструкції громадських просторів шляхом створення стабільних фітоценозів, здатних до повноцінного самовідновлення, оптимізація витрат на утримання міських зелених насаджень і формування рекомендацій щодо розвитку сталої зеленої інфраструктури центральної частини міста Івано-Франківська за рахунок впровадження високоадаптивних багаторічних видів флори.

Заступник міського голови –
директор Департаменту інфраструктури,
житлової та комунальної політики
Івано-Франківської міської ради



Михайло СМУШАК





Міністерство освіти і науки України
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА

вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018; код згідно з ЄДРПОУ 02125266
тел. (+380-342) 75-23-51; факс (+380-342) 53-15-74; e-mail office@cnu.edu.ua; сайт https://cnu.edu.ua

25.02.26р. № 07-2026

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження в навчальний процес результатів дисертаційного дослідження здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії Гаріджук Світлани Василівни на тему: «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» за спеціальністю 101 Екологія галузі знань 10 Природничі науки.

Матеріали дисертаційного дослідження Гаріджук Світлани Василівни щодо комплексної оцінки успішності інтродукції *Origanum vulgare* L. різними методами в умовах Передкарпаття, вивчення біологічних та морфологічних характеристик інтродукованої популяції, аналізу особливостей онтогенезу, фенологічних ритмів та насінневої продуктивності, а також проведення агрохімічної оцінки ґрунтів і дослідження механізмів морфологічної пластичності та адаптації виду використовуються у навчальному процесі Карпатського національного університету імені Василя Стефаника під час викладання навчальних дисциплін «Урбоекологія», «Біометрія», «Фітоценологія» «Ресурсна ботаніка», «Моніторинг довкілля», «Заповідна справа», «Великий практикум» та «Екологічна безпека» на кафедрі біології та екології Факультету природничих наук, затверджено на засіданні кафедри біології та екології № 7 від 23.02.2026.

Проректор з науково-педагогічної роботи
і міжнародної діяльності,
кандидат хімічних наук, доцент



Лілія ТУРОВСЬКА

Декан факультету природничих наук

Віктор СЛУЧИК

В.о завідувача
кафедри біології та екології

Вікторія ГНЄЗДІЛОВА



Міністерство освіти і науки України
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА

вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018; код згідно з ЄДРПОУ 02125266
тел. (+380-342) 75-23-51; факс (+380-342) 53-15-74; e-mail office@cnu.edu.ua; сайт https://cnu.edu.ua

02.03.2026 № 08/2026

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії Гаріджук Світлани Василівни на тему: «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» за спеціальністю 101 Екологія галузі знань 10 Природничі науки.

Результати дисертаційного дослідження Гаріджук Світлани Василівни щодо комплексної оцінки успішності інтродукції *Origanum vulgare* L., вивчення біологічних та морфологічних характеристик інтродукованої популяції, аналізу особливостей онтогенезу, фенологічних ритмів, високої зимостійкості та насінневої продуктивності в еколого-кліматичних умовах Передкарпаття впроваджено у практичну діяльність дендрологічного парку «Дружба» загальнодержавного значення Карпатського національного університету імені Василя Стефаника.

Матеріали дослідження використано при формуванні колекційних насаджень лікарських рослин відкритого ґрунту дендропарку, оцінці перспективності насінневої інтродукції виду на поверхнево-оглеєних дерново-підзолистих ґрунтах (де польова схожість досягла 92,6%), а також при підготовці науково-практичних рекомендацій щодо створення стабільних фітоценозів, здатних до повноцінного самовідновлення і накопичення значної фітомаси.

Проректор з науково-педагогічної роботи
і міжнародної діяльності
кандидат хімічних наук, доцент



В.о директора
дендрологічного парку «Дружба»

Лілія ТУРОВСЬКА

Оксана КУЦЕЛА



Міністерство освіти і науки України
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА

вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018; код згідно з ЄДРПОУ 02125266
тел. (+380-342) 75-23-51; факс (+380-342) 53-15-74; e-mail office@cnu.edu.ua; сайт https://cnu.edu.ua

10.04.2026 № 03-2026

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження в навчальний процес результатів дисертаційного дослідження здобувача освітньо-наукового ступеня доктора філософії Гаріджук Світлани Василівни на тему: «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» за спеціальністю 101 Екологія галузі знань 10 Природничі науки.

Матеріали дисертаційного дослідження Гаріджук Світлани Василівни щодо обґрунтування ефективності різних методів інтродукції (генеративного та вегетативного) ефіроолійних рослин, проведення агрохімічної оцінки субстратів і їхнього впливу на едафічний стрес та польову схожість, вивчення динаміки накопичення фітомаси та репродуктивної здатності інтродукованих популяцій, а також розробки науково-методичних основ для створення фермерських і промислових плантацій для отримання високоякісної лікарської сировини використовуються у навчальному процесі Карпатського національного університету імені Василя Стефаника під час викладання навчальних дисциплін «Збереження біорізноманіття», «Польова діагностика ґрунтів», «Родючість ґрунтів та їх окультурення», «Хімія ґрунту», «Основи раціонального землекористування в умовах західного регіону», «Сучасні інтенсивні технології вирощування с.-г. культур», «Екологічне рослинництво», «Методи агрохімічних досліджень» та «Вирощування лікарських культур в умовах західного регіону» на кафедрі лісового і аграрного менеджменту Факультету природничих наук, затверджено на засіданні кафедри лісового і аграрного менеджменту № 8 від 09.04.2026.

Проректор з науково-педагогічної роботи
і міжнародної діяльності,
кандидат хімічних наук, доцент

Декан факультету природничих наук

Завідувач кафедри лісового
і аграрного менеджменту



Лілія ТУРОВСЬКА

Віктор СЛУЧИК

Віктор КЛІД



Державне агентство лісових
ресурсів України

Національна академія наук
України

**УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ГІРСЬКОГО
ЛІСІВНИЦТВА ІМ. П.С.ПАСТЕРНАКА (УкрНДГірліс)**

76000, м. Івано-Франківськ, вул. Грушевського, 31 тел. (0342) 53-02-36

e-mail: girlis@ukr.net, ukrimf.inf@ukr.net, Код ЄДРПОУ 00994147

25.05.2019 № 01-07/188-26

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів науково-дослідних робіт

Цим актом підтверджується, що результати дисертаційної роботи для здобуття ступеня доктора філософії (PhD) на тему: «Інтродукційна оцінка та адаптивний потенціал *Origanum vulgare* L. у культурі (Передкарпаття)» за спеціальністю 101 Екологія, виконаної у Карпатському національному університеті імені Василя Стефаника аспіранткою Гаріджук Світлоною Василівною, впроваджено у науково-дослідну діяльність Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва імені П. С. Пастернака (УкрНДГірліс).

Вид впроваджених результатів: використання результатів еколого-ценотичної оцінки сучасного фрагментованого стану дикорослих популяцій *Origanum vulgare* L. у природних екосистемах Карпат та Передкарпаття, методологічних підходів до вивчення онтогенезу та адаптивних реакцій рослин в умовах різного едафічного стресу, а також рекомендацій щодо оптимізації методів збереження генофонду цінних лікарських рослин (зокрема вегетативним методом) поза їхніми природними ареалами.

Отриманий науково-практичний ефект: удосконалення підходів до моніторингу та збереження недревних (недеревних) ресурсів лісу, оцінки адаптивного потенціалу трав'янистих видів флори та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо відновлення біорізноманіття лісових екосистем, галявин і чагарникових зон в умовах інтенсивного антропогенного навантаження Карпатського регіону.

Т.в.о. директора Українського
науково-дослідного інституту
гірського лісівництва
імені П.С. Пастернака (УкрНДГірліс)



Мар'яна СІЩУК