

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ЯРОШЕНКО НАТАЛІЯ ПАВЛІВНА

УДК 581.524.1

ДИСЕРТАЦІЯ

**КОМПЛЕКСНИЙ ПОПУЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПРОВІДНИХ
ЦЕНОЗОУТВОРЮЮЧИХ ВИДІВ ТРАВ'ЯНОГО ЯРУСУ ЛІСОВИХ
ЕКОСИСТЕМ ПІВДНЯ НИЖНЬОЇ САКСОНІЇ (НІМЕЧЧИНА)**

Спеціальність 101 – Екологія
(10-Природничі науки)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі екології.

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело.

Н.П. Ярошенко



Науковий керівник: Скляр В. Г., доктор біологічних наук, професор

Суми –2024

АНОТАЦІЯ

Ярошенко Н.П. Комплексний популяційний аналіз провідних ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу лісових екосистем півдня Нижньої Саксонії (Німеччина). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі екології, зі спеціальності: 101 – Екологія. – Сумський національний аграрний університет, м. Суми, 2024.

Загальна площа лісів у світі становить приблизно 4,06 мільярда га, з них у Європі нараховується близько 1,02 мільярда га лісових масивів. В Україні ліси займають понад 10 мільйонів гектарів, що складає приблизно 15,9% від загальної площі країни. Зростання чисельності населення та інтенсивна урбанізація спричиняють збільшення попиту на лісові ресурси та продукти їх переробки. У цьому контексті, ліси набувають важливого значення як джерело екологічних, економічних та соціальних благ. Лісові екосистеми забезпечують численні екологічні послуги, зокрема, регулювання клімату, збереження біорізноманіття та водних ресурсів, а також захист ґрунтів від ерозії.

Однак, зростання антропогенного тиску та зміни клімату суттєво впливають на стан лісових масивів, викликаючи деградацію, зниження продуктивності та біорізноманіття. Вивчення впливу цих чинників на ліси Європи та України є актуальною науковою проблемою, яка потребує застосування новітніх екологічних та біологічних методів. Важливим напрямком є розробка та вдосконалення методів сталого управління лісами, зокрема, через з'ясування еколого-фізіологічних механізмів адаптації лісових екосистем до змінних умов довкілля. Це дозволить зберегти і покращити стан лісових масивів, забезпечуючи їхню стійкість та функціональність у довгостроковій перспективі.

У дисертаційній роботі представлено результати комплексного популяційного аналізу трьох провідних ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу лісових екосистем півдня Нижньої Саксонії (Німеччина) у різних лісорослинних умовах та при різних

типах лісогосподарського менеджменту: *Asarum europaeum* L., *Stellaria holostea* L. і *Lathyrus vernus* (L.) Bernh.

Встановлено, що рослини зазначених видів у межах популяційних полів мають груповий тип розміщення, а значення площі популяційного поля та популяційної щільності у кожній з досліджуваних популяцій варіюють у досить значних межах: площі популяційного поля у *A. europaeum* коливаються від 89,0 до 360,0 м², у *S. holostea* – від 44,0 до 356,0 м², у *L. vernus* - від 44,0 до 311,0 м²; значення популяційної щільності у *A. europaeum* варіюють від 4,4 до 42,2 шт./м², у *S. holostea* – від 2,2 до 50,7 шт./м², у *L. vernus* - від 0,9 до 30,2 шт./м².

Досліджено вплив абіотичних, ценотичних чинників, систем користування лісом на розміри площ популяційного поля та значення популяційної щільності: у *A. europaeum* і *L. vernus* на розмір популяційного поля найбільшою мірою впливає рівень освітленості під наметом лісу, у *S. holostea* - вміст у ґрунті органічних речовин; на значення популяційної щільності у *A. europaeum* найсуттєвіше впливають показниками рН ґрунту, у *S. holostea* і *L. vernus* - вологість ґрунту.

У результаті аналізу онтогенетичної структури популяцій визначено повноту, симетричність спектрів, переважання інвазійних чи деградаційних процесів, відношення до певних онтогенетичних типів: неповну онтогенетичну структуру у *A. europaeum* і *L. vernus* мали 100% популяцій, у *S. holostea* - 83,3%; центровані онтогенетичні спектри у *A. europaeum* мали 85,7% популяцій, у *S. holostea* - 66,7%, у *L. vernus* - 83,3%; переважання інвазійних процесів зареєстроване у 57,1% популяцій *A. europaeum*, у 66,7% популяцій *S. holostea*, у 50,0% популяцій *L. vernus*; у *A. europaeum* 57,1% популяцій належать до категорії «зріючих», по 14,3% популяцій відповідають типам «молодих», «зрілих» та «старіючих»; 33,3% популяцій *S. holostea* є «зрілими», по 16,7% належать до типів «молодих», «зріючих», «перехідних» та «старіючих»; у *L. vernus* 50,0% популяцій є «зрілими», 33,3% відносяться до типів «молодих», 16,7% - «перехідних».

З'ясовано, що на онтогенетичні характеристики досліджуваних популяцій найбільший статистично-достовірний вплив, при r (за модулем) на рівні 0,5364-0,971303, проявляють такі абіотичні чинники як освітленість під наметом лісу,

вологість ґрунту та вміст у ньому органічної речовини, а із числа ценотичних чинників – вік ярусу деревостану.

Морфометричний аналіз 16-ти статистичних метричних та алометричних морфопараметрів показав, що рослини із різних екосистем статистично достовірно відрізняються між собою за розміром та морфоструктурою, проявляючи при цьому специфічні для конкретного місцезростання ознаки габітусу та архітектоніки. Застосовуючи прямий градієнтний аналіз встановлено вплив на розмір рослин *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* 12-ти еколого-ценотичних чинників, з яких одними з найвагомішими для кожної з них є освітленість під наметом лісу, вологість ґрунту та вік ярусу деревостану.

Аналіз абсолютних значень морфопараметрів засвідчив прояв у них мінливості (внутрішньопопуляційного варіювання) та пластичності (міжпопуляційного варіювання). Доведено, що показники, які характеризують ступінь мінливості, перевищують аналогічні показники для пластичності, що об'єктивно доводить значущість внутрішньопопуляційного варіювання розмірних величин у забезпеченні формування у досліджуваних видів морфоадаптацій до умов місцезростань.

Визначено розмірні спектри популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus*, які, здебільшого, є континуальними, лівосторонніми, при варіюванні значень ступеня повноти від 60 до 100%, а індексу різноманітності розмірної структури - від 20 до 52%. Загальними чинниками, які найбільше впливають на розмірну структуру досліджуваних видів, є рівень рН ґрунту та вміст у ньому органічних речовин.

Віталітетна структура популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* визначалася із застосуванням загальноприйнятого алгоритму, який включає оцінку ступеня варіювання морфоознак, оцінку їхніх кореляційних взаємозв'язків при побудові кореляційних дендритів і виділенні кореляційних плеяд, визначення факторних навантажень морфопараметрів та встановлення переліку ключових морфопараметрів, з опорою на які здійснювались фінальні розрахунки. Показано, що всі популяції належать до категорії рівноважних з індексами якості (Q) від 0,2000 до 0,3000. Проте, незважаючи на те, що усі досліджувані популяції за ознаками

віталітетної структури виявились рівноважними, дослідженнями було встановлено суттєву залежність віталітетних показників від впливу еколого-ценотичних чинників.

Завдяки проведеним дослідженням було встановлено параметри еколого-ценотичного оптимуму для популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* як за окремими популяційними характеристиками (популяційною щільністю, морфоознаками рослин, онтогенетичною та віталітетною структурою), так і для їхньої сукупності. Також визначено ознаки місцезростань, які є найбільш сприятливими для формування та функціонування популяцій зазначених видів для умов Геттінгенського лісу.

Порівняння популяційних характеристик Геттінгенського лісу (Німеччина) та широколистяних і мішаних лісів Сумського геоботанічного округу (Україна) показало, що популяції *A. europaeum* і *S. holostea* лісів України здебільшого вирізняються вищими значеннями статичних метричних морфопараметрів, більшою часткою формування повних онтогенетичних спектрів і різноманітнішою віталітетною структурою з наявністю усіх віталітетних категорій (від депресивних до процвітаючих).

У результаті проведених досліджень доведено, що на стан популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* у Геттінгенському лісі значно впливає тип користування лісом. Проте, він часто поступається показникам сили впливу низки еколого-ценотичних чинників, таких як рН ґрунту, вміст у ньому органічних речовин, видовий склад фітоценозу тощо. Отже, лісокористування в Геттінгенському лісі супроводжується збереженням базових природних взаємодій, які є визначальними для забезпечення функціонування лісових екосистем. Це є одним із результатів послідовного запровадження в Геттінгенському лісі ефективної системи екологічного менеджменту, яка забезпечує як стале використання лісового фонду, так і його збереження. Вважається за потрібне, щоб передовий досвід Німеччини та інших країн світу у сертифікації лісоуправління (FSC та PEFC) був вивчений та запроваджений в Україні.

За результатами проведених досліджень рекомендовано розширити в Геттінгенському лісі систему середньо-термінового моніторингу (при оновленні

даних через кожні 3-5 років), який має включати слідкування за зміною як абіотичних, так і біотичних складових доквілля при обов'язковій реалізації популяційного моніторингу за провідними ценозоутворюючими видами, що беруть участь у формуванні різних ярусів лісових фітоценозів. Задля практичного втілення зазначеної пропозиції для Геттінгенського лісу необхідно удосконалити наявну систему моніторингу шляхом проведення популяційних досліджень окремих видів трав'яного ярусу.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету при викладанні таких дисциплін як «Загальна екологія», «Заповідна справа», «Збалансоване природокористування».

Ключові слова: популяційний аналіз, морфометричний аналіз, популяція, лісові екосистеми, рослинність, біорізноманіття, фітоценози, онтогенетичний спектр, сталий розвиток, онтогенетична структура популяцій, віталітетна структура популяцій, ценопопуляції, едафо-кліматичні показники, індекс відновлення, букові ліси, Геттінгенський ліс.

SUMMARY

Yaroshenko N.P. Comprehensive population analysis of leading herbaceous layer species in forest ecosystems of southern Lower Saxony (Germany). – Qualification scientific work as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Ecology, speciality: 101 – Ecology. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The total area of forests in the world is approximately 4.06 billion hectares, with about 1.02 billion hectares of forested areas in Europe. In Ukraine, forests cover over 10 million hectares, accounting for approximately 15.9% of the country's total area. The increase in population and intensive urbanization are driving the growing demand for forest resources and their processed products. In this context, forests gain significant importance as sources of ecological, economic, and social benefits. Forest ecosystems provide numerous ecological services, including climate regulation, biodiversity conservation, water resource preservation, and soil erosion prevention.

However, increasing anthropogenic pressure and climate change significantly affect the state of forested areas, causing degradation, reduced productivity, and loss of biodiversity. Studying the impact of these factors on the forests of Europe and Ukraine is a pressing scientific issue that requires the application of advanced ecological and biological methods. An important direction is the development and improvement of sustainable forest management methods, particularly through understanding the ecological and physiological mechanisms of forest ecosystem adaptation to changing environmental conditions. This will help preserve and enhance the condition of forested areas, ensuring their resilience and functionality in the long term.

The dissertation presents the results of a comprehensive population analysis of three leading herbaceous layer species in forest ecosystems of southern Lower Saxony (Germany) under various forest-growing conditions and forest management types: *Asarum europaeum* L., *Stellaria holostea* L., and *Lathyrus vernus* (L.) Bernh.

It was established that the plants of these species within the population fields have a clustered distribution type, and the values of the population field area and population density in each of the studied populations vary significantly: the population field area for *A. europaeum* ranges from 89.0 to 360.0 m², for *S. holostea* from 44.0 to 356.0 m², and for *L. vernus* from 44.0 to 311.0 m²; the population density values for *A. europaeum* vary from 4.4 to 42.2 individuals/m², for *S. holostea* from 2.2 to 50.7 individuals/m², and for *L. vernus* from 0.9 to 30.2 individuals/m².

The impact of abiotic and cenotic factors, and forest management systems on the size of the population field areas and population density values was investigated: for *A. europaeum* and *L. vernus*, the size of the population field is most influenced by the level of light under the forest canopy, while for *S. holostea*, it is influenced by the content of organic matter in the soil; the population density values of *A. europaeum* are most significantly influenced by soil pH levels, while for *S. holostea* and *L. vernus*, soil moisture has the most significant impact.

As a result of the analysis of the ontogenetic structure of the populations, the completeness and symmetry of the spectra, the predominance of invasive or degradation processes, and the relation to specific ontogenetic types were determined: 100% of the

populations of *A. europaeum* and *L. vernus* had incomplete ontogenetic structures, and 83.3% for *S. holostea*; centered ontogenetic spectra were found in 85.7% of *A. europaeum* populations, 66.7% of *S. holostea* populations, and 83.3% of *L. vernus* populations; the predominance of invasive processes was recorded in 57.1% of *A. europaeum* populations, 66.7% of *S. holostea* populations, and 50.0% of *L. vernus* populations; 57.1% of *A. europaeum* populations belong to the "maturing" category, and 14.3% each correspond to the "young," "mature," and "aging" types. 33.3% of *S. holostea* populations are "mature," with 16.7% each belonging to the "young," "maturing," "transitional," and "aging" types. In *L. vernus*, 50.0% of the populations are "mature," 33.3% belong to the "young" type, and 16.7% to the "transitional" type.

It was found that the ontogenetic characteristics of the studied populations are most statistically significantly influenced by abiotic factors such as light under the forest canopy, soil moisture, and the content of organic matter in the soil, with correlation coefficients (r , by module) ranging from 0.5364 to 0.971303, and among the cenotic factors, the age of the tree layer is significant.

The morphometric analysis of 16 statistical metric and allometric morphoparameters showed that plants from different ecosystems statistically significantly differ in size and morphostructure, exhibiting specific habitat and architectural characteristics unique to each location. Using direct gradient analysis, the impact of 12 ecological and cenotic factors on the size of *A. europaeum*, *S. holostea*, and *L. vernus* plants was determined, with the most significant factors for each being light availability under the forest canopy, soil moisture, and the age of the tree layer.

The analysis of the absolute values of morphoparameters demonstrated variability (intrapopulation variation) and plasticity (interpopulation variation). It was proven that the indicators characterizing the degree of variability exceed those for plasticity, objectively proving the significance of intrapopulation variation in size dimensions in ensuring the formation of morphoadaptations to the habitat conditions in the studied species.

The size spectra of the populations of *A. europaeum*, *S. holostea*, and *L. vernus* were determined, mostly being continuous and left-skewed, with the completeness degree varying from 60% to 100%, and the size structure diversity index ranging from 20% to 52%. The

general factors most influencing the size structure of the studied species are soil pH levels and organic matter content.

The vitality structure of the populations of *A. europaeum*, *S. holostea*, and *L. vernus* was determined using a generally accepted algorithm, which includes the assessment of the degree of morphological trait variability, their correlation relationships through the construction of correlation dendrites and identification of correlation pleiades, the determination of morphoparameter factor loadings, and establishing a list of key morphoparameters used for final calculations. It was shown that all populations belong to the category of equilibrium with quality indices (Q) ranging from 0.2000 to 0.3000. However, despite all studied populations being equilibrium in terms of vitality structure, significant dependence of vitality indicators on the influence of ecological and cenotic factors was established.

The conducted research established the parameters of the ecological and cenotic optimum for the populations of *A. europaeum*, *S. holostea*, and *L. vernus* based on individual population characteristics (population density, plant morphological traits, ontogenetic and vitality structures) as well as their overall assessment. Additionally, the features of habitats most favorable for the formation and functioning of populations of these species in the conditions of the Göttingen Forest were determined.

Comparison of the population characteristics of the Göttingen Forest (Germany) with those of the broadleaf and mixed forests of the Sumy geobotanical district (Ukraine) showed that populations of *A. europaeum* and *S. holostea* in Ukrainian forests generally exhibit higher values of static metric morphoparameters, a greater proportion of complete ontogenetic spectra formation, and a more diverse vitality structure with the presence of all vitality categories (from depressive to prosperous).

The research demonstrated that the condition of *A. europaeum*, *S. holostea*, and *L. vernus* populations in the Göttingen Forest is significantly influenced by forest management type. However, this influence is often secondary to several ecological and cenotic factors, such as soil pH, organic matter content, and species composition of the phytocoenosis. Thus, forest management in the Göttingen Forest is accompanied by the preservation of basic natural interactions essential for the functioning of forest ecosystems.

This is one of the results of the consistent implementation of an effective ecological management system in the Göttingen Forest, which ensures both sustainable use and conservation of forest resources. It is recommended that the advanced practices of Germany and other countries in forest management certification (FSC and PEFC) be studied and implemented in Ukraine.

Based on the research results, it is recommended to enhance the implementation of a medium-term monitoring system in the Göttingen Forest (updating data every 3-5 years), which should include tracking changes in both abiotic and biotic components of the environment with mandatory population monitoring of the leading cenosis-forming species involved in the formation of different layers of forest phytocoenoses. To practically implement this proposal for the Göttingen Forest, the existing monitoring system needs to be improved by conducting population studies of individual herbaceous layer species.

The dissertation materials are used in the educational process of the Department of Ecology and Botany at Sumy National Agrarian University in teaching disciplines such as "General Ecology," "Nature Conservation," and "Sustainable Natural Resource Management."

Keywords: population analysis, morphometric analysis, population, forest ecosystems, vegetation, biodiversity, phytocoenoses, ontogenetic spectrum, sustainable development, population ontogenetic structure, population vitality structure, cenopopulations, edaphoclimatic indicators, recovery index, beech forests, Göttingen Forest.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Ярошенко, Н. П.**, Скляр, В. Г. Оцінка онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *Asarum europaeum* L. у Геттінгенському лісі, Нижня Саксонія, Німеччина. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 49(3), 2023. С. 76-81.
2. **Ярошенко, Н. П.** Розмірні ознаки *Asarum europaeum* L. у фітоценозах широколистяних лісів Німеччини та України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 53(3), 2023. С. 123-130.
3. **Ярошенко, Н.П.** Оцінка онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *Lathyrus vernus* (L.) Bernh у Геттінгенському лісі (Нижня Саксонія, Німеччина). *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 54(4), 2023. С. 68-73.

Розділи колективних монографій:

1. **Ярошенко Н.П.**, Скляр В. Г. Охорона лісів Німеччини: історико-екологічний аналіз на прикладі Геттінгенського міського лісу (Göttinger Wald). *Екологія. Довкілля. Енергозбереження. 2023: колективна монографія. За ред. О. В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023., С. 235-243.*

Статті у науковому виданні іншої держави, які індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus:

1. **Yaroshenko, N., Skliar, V.** Ontogenetic and vitality structure evaluation of *Asarum europaeum* L. in Göttinger Wald, Low Saxony, Germany. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 23(3.2), 2023. P. 397-403.
2. **Yaroshenko, N., Skliar, V., Rosenthal G.** Evaluation of ontogenetic and vital structures of *Stellaria holostea* L. in beech forests in the south of Low Saxony, Germany. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 23(3.2), 2023. P. 325-332.

Тези наукових доповідей:

1. **Ярошенко Н.П.** Використання стратегії «гарячих точок» у лісогосподарському користуванні: досвід Німеччини. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 2-3 грудня 2021). Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. С. 367-369.
2. **Ярошенко Н.П., Скляр В.Г.** Адаптації лісових екосистем до змін клімату: наслідки та заходи. *Захист вразливих екосистем в умовах пандемії та зміни клімату*. Матеріали зимової сесії Міжнародної Карпатської Школи (Косів, 25-27 лютого 2021). Косів: Наукове товариство імені Шевченка, 2021. С. 105-106.
3. **Yaroshenko N.P.** German forestry policy towards the climate change. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (Суми, 14-18 листопада 2022). Суми: Сумський національний аграрний університет, 2022. С. 34.
4. **Yaroshenko N., Skliar V.** Population methods implementation of *Asarum europaeum* in beech forest in Goettingen, Germany. *Sustainable Development in Wartime Ukraine and the World*. Multidisciplinary Conference for Young Researchers (Prague, Czech Republic, November 25, 2022). Prague: Czech University of Life Sciences, 2022. P. 7.
5. **Ярошенко Н.П.** Вплив екологічних чинників на віталітетну структуру *Asarum europaeum* L. *Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень*

2023. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Житомир, 31 травня 2023). Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 85-86.
6. **Yaroshenko N.P.** Management Impact on the Goettingen Forest Biodiversity, Low Saxony, Germany. *Актуальні проблеми дослідження довкілля*. Матеріали X міжнародної наукової конференції (Суми-Тростянець, 25-27 травня 2023). Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2023. С. 128-130.
7. **Ярошенко Н.П.,** Скляр В.Г. Лісогосподарський менеджмент як протидія посухам: досвід Німеччини. *Адаптація до нових змін та викликів: нові форми економіки, ресурсоефективні технології, захист довкілля*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів та молодих вчених (Івано-Франківськ, 18 травня 2023). Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2023. С. 504-507.

ЗМІСТ

ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1. ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ПОПУЛЯЦІЇ ЯРУСУ ТРАВ В СИСТЕМІ ГОСПОДАРСЬКОГО КОРИСТУВАННЯ ТА НАУКОВОГО ВИВЧЕННЯ	22
1.1. Лісові екосистеми: значення та визначення	22
1.2. Аспекти різнопланового використання лісу	25
1.3. Лісогосподарська діяльність: переваги та недоліки.....	30
1.4. Особливості сучасного стійкого лісового господарства Німеччини та лісогосподарський екологічний менеджмент	35
1.5. Реакція популяцій рослин трав'яного ярусу на результати лісогосподарської діяльності	40
1.6. Характеристика видів рослин, які охоплені комплексним популяційним аналізом	43
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
2.1. Характеристика регіону досліджень.....	51
2.2. Об'єкти та методи досліджень	60
РОЗДІЛ 3. СТАН, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ <i>ASARUM EUROPAEUM</i> У ГЕТТІНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ.....	75
3.1. Стан популяційних полів <i>Asarum europaeum</i>	75
3.2. Онтогенетична структура популяцій <i>Asarum europaeum</i>	84
3.3. Морфоознаки рослин і популяцій <i>Asarum europaeum</i> у Геттінгенському лісі та вплив на них еколого-ценотичних чинників	103
3.4. Порівняння морфоознак рослин та популяцій <i>Asarum europaeum</i> у різних регіонах	128
3.5. Розмірна структура популяцій <i>Asarum europaeum</i>	134
3.6. Віталітетна структура популяцій <i>Asarum europaeum</i> та вплив на неї еколого-ценотичних чинників	147
3.7. Комплексна характеристика стану популяцій <i>Asarum europaeum</i>	159

РОЗДІЛ 4. СТАН, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ	
ПОПУЛЯЦІЙ <i>STELLARIA HOLOSTEA</i> У ГЕТТІНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ.....	163
4.1. Стан популяційних полів <i>Stellaria holostea</i>	163
4.2. Онтогенетична структура популяцій <i>Stellaria holostea</i>	172
4.3. Морфоознаки рослин і популяцій <i>Stellaria holostea</i> у Геттінгенському лісі та вплив на них еколого-ценотичних чинників	190
4.4. Розмірна структура популяцій <i>Stellaria holostea</i>	220
4.5. Віталітетна структура популяцій <i>Stellaria holostea</i> та вплив на неї еколого-ценотичних чинників	233
4.6. Комплексна характеристика стану популяцій <i>Stellaria holostea</i>	243
РОЗДІЛ 5. СТАН, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ	
ПОПУЛЯЦІЙ <i>LATHYRUS VERNUS</i> У ГЕТТІНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ.....	246
5.1. Стан популяційних полів <i>Lathyrus vernus</i>	246
5.2. Онтогенетична структура популяцій <i>Lathyrus vernus</i>	256
5.3. Морфоознаки рослин і популяцій <i>Lathyrus vernus</i> у Геттінгенському лісі та вплив на них еколого-ценотичних чинників	274
5.4. Розмірна структура популяцій <i>Lathyrus vernus</i>	295
5.5. Віталітетна структура популяцій <i>Lathyrus vernus</i> та вплив на неї еколого-ценотичних чинників	305
5.6. Комплексна характеристика стану популяцій <i>Lathyrus vernus</i>	314
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ГЕТТІНГЕНСЬКОГО ЛІСУ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	318
6.1. Загальні засади лісогосподарського менеджменту Німеччини	318
6.2. Моніторингові дослідження	322
6.3. Рекомендації щодо запровадження популяційного моніторингу	325
ВИСНОВКИ	331
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	336
ДОДАТКИ	347

ВСТУП

Актуальність теми. Нова лісова стратегія ЄС на 2030 рік, яка є однією з ключових ініціатив Європейської зеленої угоди і ґрунтується на стратегії ЄС щодо біорізноманіття до 2030 року, визнає центральну та багатofункціональну роль лісів та визначає їх винятковий внесок у досягненні стійкої кліматично-нейтральної економіки до 2050 року (General Publications, 2021). Окремі напрямки в рамках Нової лісової стратегії присвячені захисту пралісів як найпотужнішого депо карбону (European Commission, 2021,). Проте, в Україні та більшості держав Західної Європи нині переважають ліси штучного походження, які за віковою та ценотичною структурою, а отже і за екологічною стабільністю, відрізняються від природних (натуральних) лісових формацій. Такі широкомасштабні трансформації в лісовому біомі позначились на біотичному, фітоценотичному та ландшафтному різноманітті як регіонального, так і глобального рівнів (Forest Europe. 2020).

Зазначені особливості та зміни стали визначальними й щодо властивостей, функціонування окремих складових лісів, у тому числі ярусу трав, який є чутливим індикатором стану та біологічної цілісності лісових екосистем, а також їхньої сприйнятливості та стійкості до різного роду природних і антропогенних впливів (Коваленко, 2016, Хрик, Кімейчук, 2021, Dierschke, 1989). Незважаючи на численні дослідження лісів, на сьогоднішній день характер реагування популяцій лісових видів трав'яного ярусу як на зміни довкілля загалом, так і умов конкретних місцезростань не є остаточно з'ясованим, і його вивчення залишається актуальною науковою проблемою.

Проведення таких досліджень є значущим й для Німеччини, у тому числі для Федеративної землі Нижня Саксонія, якій притаманні досить високі показники залісненості (понад 250000 га), та безпосередньо – для Геттінгенського лісу (Göttinger Wald). Цей лісовий масив площею 4878 га є одним із найбільших в Німеччині та репрезентує типове для півдня Нижньої Саксонії розмаїття широколистяних лісів, провідними ценозоутворюючими видами трав'яного ярусу яких виступають *Asarum europaeum* L., *Stellaria holostea* L. та *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. У межах

Геттінгенського лісу ефективно реалізуються різні стратегії користування лісом – від традиційного ведення лісового господарства до запровадження найжорсткіших обмежень щодо втручання людини в умовах пралісів.

У підсумку, загальна значущість порушеної проблеми, безпосередньо пов'язаної із питаннями вивчення та збереження біорізноманіття лісів, та власне науковообгрунтована необхідність проведення детального популяційного аналізу провідних ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу екосистем Геттінгенського лісу з охопленням різних лісорослинних умов та різних систем лісогосподарського менеджменту, й зумовили вибір теми дисертації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася згідно з планами науково-дослідної роботи кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету в межах виконання досліджень, які спрямовані на інвентаризацію біорізноманіття і з'ясування особливостей та закономірностей його функціонування на популяційному рівні організації.

Мета і завдання досліджень. *Мета роботи* – комплексно оцінити стан та з'ясувати закономірності функціонування популяцій провідних ценозоутворюючих видів ярусу трав в лісових екосистемах Геттінгенського лісу.

Для досягнення мети були поставлені наступні *завдання*:

- оцінити стан популяційних полів *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* у екосистемах Геттінгенського лісу, що є типовими для регіону та, разом з тим, репрезентують й різні засади користування лісовими ресурсами: залучення лісового фонду до традиційного ведення господарської діяльності; запровадження в лісах екологічного менеджменту; надання окремим ділянкам лісу природоохоронного статусу при встановленні природоохоронних обмежень;
- проаналізувати вплив еколого-ценотичних чинників на ознаки популяційних полів досліджуваних видів;
- встановити онтогенетичну структуру та проаналізувати її зміни унаслідок впливу еколого-ценотичних чинників у популяції, які були охоплені вивченням;

- з'ясувати розмірні ознаки рослин *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* у популяціях, які були охоплені вивченням;
- оцінити вираженість в популяціях *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* морфологічної мінливості та пластичності;
- проаналізувати вплив еколого-ценотичних чинників на морфоознаки рослин *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus*;
- встановити і проаналізувати розмірну структуру досліджуваних популяцій та чинники, що є визначальними щодо її формування;
- встановити і проаналізувати віталітетну структуру популяцій *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* та чинники, які є визначальними щодо її формування;
- для популяцій *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* встановити параметри еколого-ценотичного оптимуму за окремими популяційними ознаками та для їхньої сукупності;
- за результатами власних досліджень та літературними даними порівняти стан популяцій *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea* Геттінгенського лісу та лісів України;
- за результатами комплексного аналізу розробити рекомендації, спрямовані на вдосконалення збереження біорізноманіття Геттінгенського лісу на популяційному рівні організації.

Об'єкт досліджень – стан та закономірності функціонування популяцій ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу лісових екосистем.

Предмет дослідження – популяції *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* екосистем Геттінгенського лісу.

Методи досліджень: геоботанічні, морфометричні, популяційні, математико-статистичні.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна результатів досліджень полягає у тому, що *уперше* для Геттінгенського лісу:

- отримано комплексну інформацію про стан популяцій *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus* у лісових екосистемах, що є типовими для півдня

Нижньої Саксонії та, разом з тим, репрезентують різні засади користування лісовими ресурсами;

- встановлено еколого-ценотичні взаємодії, які є визначальними щодо стану популяцій досліджуваних видів та забезпечення їхнього функціонування, а сама залежність характеристик популяцій від впливу еколого-ценотичних чинників - кількісно оцінена та диференційована за показниками сили впливу;
- для досліджуваних видів визначено параметри еколого-ценотичного оптимуму за окремими популяційними ознаками та для їхньої сукупності;
- з опорою на результати комплексного популяційного аналізу представлено пропозиції щодо вдосконалення системи заходів зі збереження біорізноманіття екосистем Геттінгенського лісу та запровадження у ньому популяційного моніторингу ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу.

Уперше проведено порівняння стану популяцій *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea* Геттінгенського лісу та лісів України.

В роботі удосконалено методичні аспекти оцінки розмірної структури стану популяцій рослин та встановлення для них параметрів еколого-ценотичного оптимуму.

В дисертації набули подальшого розвитку теоретичні та практичні засади застосування комплексного популяційного аналізу в системі заходів із забезпечення раціонального і збалансованого користування лісами та збереження їхнього біорізноманіття.

Практичне значення роботи. Дані дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету при викладанні таких дисциплін як «Загальна екологія», «Заповідна справа», «Збалансоване природокористування» (Додаток А).

Сформовано для Інституту моніторингу (Нижня Саксонія, Німеччина) рекомендації зі збереження біорізноманіття Геттінгенського лісу шляхом проведення популяційного аналізу провідних ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійним завершеним дослідженням. Здобувачем сформульовано методико-теоретичні основи роботи,

проведено збір польового матеріалу, його опрацювання, проаналізовані одержані результати й сформульовані висновки. Права співавторів у спільних публікаціях не порушені.

Апробація результатів дисертації. Результати й основні положення дисертації розглядалися і обговорювалися на 8 конференціях різного рангу. Зокрема, їх представлено на наступних міжнародних та всеукраїнських наукових та науково-практичних конференціях: II Міжнародна науково-практична конференція (Полтава, 2-3 грудня 2021), Зимова сесія Міжнародної Карпатської Школи (Косів, 25-27 лютого 2021), Всеукраїнська наукова конференція студентів і аспірантів, присвячена Міжнародному дню студента (Суми, 14-18 листопада 2022), Multidisciplinary Conference for Young Researchers (Prague, Czech Republic, November 25, 2022), II Всеукраїнська науково-практична конференція (Житомир, 31 травня 2023), X міжнародна наукова конференція (Суми-Тростянець, 25-27 травня 2023), Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів та молодих вчених (Івано-Франківськ, 18 травня 2023), міжнародний симпозіум «27th Kaamos Symposium» (Оулу, Фінляндія, 2023).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 13 наукових праць: 1 розділ колективної монографії, 2 статті у наукових виданнях інших держав, які індексуються у міжнародній наукометричній базі Scopus, 3 статті у наукових фахових виданнях України, 7 публікацій у матеріалах і тезах доповідей у міжнародних та всеукраїнських наукових і науково-практичних конференціях та симпозіумах.

Структура та обсяг роботи. Матеріали роботи викладено на 404 сторінках, з яких основний текст займає 168 сторінок. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та 12 додатків. У додатках представлено (зокрема) еколого-ценотичні ознаки місцезростань досліджуваних популяцій, матеріали щодо результатів морфометричного, кореляційного та факторного аналізів, діаграми розподілу значень основних морфопараметрів, діаграми залежності віталітету популяцій від впливу екологічних чинників, оригінальні допоміжні таблиці для спрощеного розрахунку індексу різноманітності розмірної структури популяцій (IDSS), данні про електронні прилади лабораторної

бази університету Касселя (Німеччина), які використовувалися у процесі досліджень. Основна частина роботи містить 189 рисунків і 73 таблиці. У роботі цитується 112 літературних джерел, з них 42 – латиницею.

Особлива подяка висловлюється Німецькому федеративному фонду охорони довкілля (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) за надання стипендії для проведення досліджень та науковій команді проф. Герта Розенталя, університет Касселя (Німеччина), за допомогу у проведенні досліджень: виділення університетського транспорту для польових виїздів та надання університетської лабораторії для виконання необхідних дослідів.

РОЗДІЛ 1

ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ПОПУЛЯЦІЇ ЯРУСУ ТРАВ В СИСТЕМІ ГОСПОДАРСЬКОГО КОРИСТУВАННЯ ТА НАУКОВОГО ВИВЧЕННЯ

Ліс – складний витвір природи, явище біологічне і фізико-географічне, складова частина географічного ландшафту, один з найважливіших чинників біосфери нашої планети (Яворовський та ін., 2019; Токарева та ін., 2021.).

Ліс, як складну природну динамічну систему із здатністю до саморегуляції, можна розглядати на багатьох рівнях: фітоценотичному, популяційному, біоценотичному, біогеоценотичному, ландшафтному, екосистемному (Олійник, Вітер, 2011). б

1.1. Лісові екосистеми: значення та визначення

Лісові екосистеми мають найбільше поширення і найвищу цінність серед усіх екосистем суходолу. Загальна площа лісових земель становить понад 4 млрд га, що складає близько 31% поверхні суші нашої планети. Вкрита лісовою рослинністю площа займає приблизно 3 млрд га, а промислові запаси деревини сягають 527 млрд м³ (Яворовський та ін., 2019).

Загальна вартісна оцінка лісів у світі перевищує \$ 100 000 млрд, що в розрахунку на 1 гектар лісових земель складає \$ 25 тис. Дослідження, які були проведені в країнах Європейського Союзу, показали, що ліси та лісові землі є найбільшими за масштабом постачальниками екосистемних послуг: 48% від їх загальної вартості надаються наземними та водними екосистемами. Сумарну вартість даних послуг у цінах 2012 року для 28 країн ЄС оцінили у 81,4 млрд євро. Найбільший внесок становили послуги з рекреації, охорони й захисту водних об'єктів, постачання деревини та депонування вуглецю (Ткач та ін., 2023).

Прогресуючий антропогенний вплив на довкілля обумовив зменшення площі лісів, збіднення їхнього біорізноманіття, спрощення структури, зниження продуктивності, погіршення санітарного стану тощо. За статистикою, лише за період з 2015 по 2020 рік втрата лісового покриву на земній кулі становила приблизно 10 млн гектарів у рік. Починаючи з 1990 року 80 млн га первозданних лісів зникли із

Землі. Масово знищуються тропічні ліси, що постачають приблизно 22% усієї біопродукції Землі, яких щорічно вирубується 11,3 млн. га (EOS DATA ANALYTICS, 2021).

Наявність лісу - це обов'язкова умова життя людини на Землі. Зелені рослини виконують на Землі унікальну і незамінну роль, оскільки лише вони у процесі своєї життєдіяльності виділяють в атмосферу вільний кисень, чим регулюють склад атмосферного повітря. Тобто, ліс - це величезна природна фабрика кисню (Яворовський та ін., 2019; Вакулюк, 1984).

Разом з тим, один гектар лісу щоденно поглинає 220-280 кг вуглекислого газу і виділяє 150-220 кг кисню, а одне середнє за розміром дерево за добу може дати таку кількість кисню, якої б вистачило для дихання 4-х людей. Людина може прожити без їжі тиждень, без води – лічені дні, без повітря – вона відразу гине. Якби не було рослин, то запас кисню б не поповнювався і всі живі організми на Землі перестали б існувати (Яворовський та ін., 2019; Генсірук, 1980).

Зелені рослини здатні створювати первинну органічну речовину з неорганічної природи – вуглекислого газу, води і солей з ґрунту. Ліси світу щорічно в процесі фотосинтезу, з використанням енергії світла, виробляють 38 млрд тонн органічної маси (кислот, смол, цукрів, вітамінів, фітонцидів тощо), використовуючи для цього більше 50 млрд тон вуглекислого газу (Свириденко та ін., 2005).

Ліс – величезний природний акумулятор сонячної енергії, тому що ліси на тривалий термін консервують органічну речовину в стовбурах, гілках, корінні. У зв'язку з цим лісові екосистеми вирізняються серед екосистем суші найбільшими запасами біомаси: із загального запасу органічної речовини земної кулі його маса на 90% сконцентрована в лісах (Яворовський та ін., 2019; Швиденко, Остапенко, 2001).

Слін Ю.Я. та інші вчені зазначали, що ліси характеризуються найскладнішою вертикальною й горизонтальною структурою, найбільшою просторовою потужністю, найвищим біотичним різноманіттям. Вони мають найвищу екологічну стійкість і здійснюють найбільший вплив на довкілля, порівняно з іншими наземними екосистемами. Ліс, на відміну від багатьох інших органічних ресурсів – нафти, газу,

кам'яного вугілля, а також неорганічних копалин, – відновлюваний природний ресурс (Єлін та ін. 1987; Кучерявий, 2001).

Отже, одним з головних факторів збереження природного середовища є наявність лісової рослинності. Значення лісу важко навіть оцінити, – ліс є безцінним надбанням людства (Грицик, Канарський, Бедрій, 2018).

Морозов Г. Ф., лісівник-географ, засновник наукової теорії лісівництва, переосмислив природу лісу, розкрив його суть та особливості, першим дав визначення лісу. У своєму вченні про ліс Г. Ф. Морозов вказав, що під лісом треба розуміти сукупність деревних рослин, змінених як у своїй зовнішній формі, так і у своїй внутрішній будові під впливом їх один на одного, на зайнятий ґрунт і атмосферу. Більш повний варіант тлумачення лісу, який дав Г. Ф. Морозов, полягає у тому, що ліс – це не тільки сукупність рослин, а й разом з ними і тварин, тобто комплекс всього живого, де усі складові компоненти взаємодіють між собою та навколишнім середовищем, безперервно змінюючись (Хрик, Кімейчук, 2021).

Пізніше багато вчених-лісівників пробували давати свої варіанти, що таке ліс, але всі вони майже не відрізняються від трактовки Г. Ф. Морозова. Так, за визначенням академіка П. С. Погребняка «ліс – це взаємо-проникаюча єдність (комплекс) лісових рослин, тварин і зайнятого ними середовища». Професор М. О. Ткаченко описував ліс як «своєрідний елемент географічного ландшафту у вигляді великої сукупності дерев, які у своєму розвитку біологічно взаємопов'язані і впливають на оточуюче середовище на більш-менш значному земельному просторі». Академік Г. М. Висоцький поняття ліс відобразив у вигляді спрощеної формули: $S = LGPH$, де S – ліс (silva), L – дерево (lignun), G – середовище (gremium), P – вплив лісу на середовище (pertinentia), H – вплив людини на ліс (homo) (Хрик, Кімейчук, 2021).

Співпадають із вченням Г. Ф. Морозова й ті описання лісу, які дали інші науковці, такі як П.Г. Вакулюк (Вакулюк, 1989), С.А. Генсірук (Генсірук, 2002), В. П. Рябчук (Рябчук, 1996) та інші, а також сучасне визначення лісу: «Ліс – це тип природних комплексів (екосистема), у якому поєднуються переважно деревна та чагарникова рослинність з відповідними ґрунтами, трав'яною рослинністю, тваринним світом, мікроорганізмами та іншими природними компонентами, що

взаємопов'язані у своєму розвитку, впливають один на одного і на навколишнє природне середовище» (Лісовий кодекс України, 2019).

Ліс не лише надає засоби до існування для мільярдів людей, забезпечивши їх широким спектром товарів і послуг в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь, а й служить джерелом соціальних і духовних благ для народів, громад і націй. Завдяки сталому управлінню ліси можуть сприяти скороченню масштабів бідності, збереженню біорізноманіття в умовах зміни клімату (Криницький, Чернявський, 2014).

1.2. Аспекти різнопланового використання лісу

На сьогодні побутує думка, згідно з якою ліс має служити людині і виконувати усі потрібні їй функції. Однак, ліси виконують свої функції незалежно від того, використовує їх людина й суспільство чи ні, а залежно від стану лісу, лісо-рослинних умов, структури і стабільності деревостою. Таким чином, існують два основних підходи до розуміння функцій лісу - антропоцентричний, або утилітарний, та екосистемний. Відповідно до антропоцентричного підходу функції лісу розуміють як послуги, які ліс виконує для людини, тобто ліс служить суспільству. Під екосистемним підходом функції лісу розуміють як його вплив на довкілля, який людське суспільство повинно бути готовим якомога оптимальніше використовувати, і на ринкових засадах освоювати як продукти та послуги (Криницький, Чернявський, 2014).

Низка вчених, таких як Яворовський П.П., Сендонін С.Є, Криницький Г.Т., Чернявський М.В. та інші, стверджували, що будь-яка функція лісу визначається природними й соціальними умовами та параметрами лісових біогеоценозів, від поєднання яких вона проявляється певною мірою. Для класифікації функцій лісу або лісових ресурсів запропоновано різні підходи. Найчастіше виділяють три групи функцій лісу – економічна (деревина, недеревні лісові продукти), екологічна (водоохоронна, ґрунтоохоронна, збереження біотичного різноманіття, регулювання клімату і якості повітря) та соціальна (рекреаційна, ландшафтно-утворювальна,

освітньо-навчальна, культурна) (Яворовський та ін., 2019; Криницький, Чернявський, 2014).

Заслугує на увагу систематизація всіх аспектів різноплановості використання лісу, яку запропонував академік Ю. Ю. Туниця. Він об'єднав у чотири великі групи всю кількість взаємопов'язаних між собою і зовнішнім середовищем суспільно-корисних благ, потенційних продуктів і послуг, які продукує ліс: D (*dendron*) – сировинні ресурси деревного походження; M (*mikes*) – ресурси недеревного рослинного походження; F (*fauna*) – ресурси тваринного походження; R (*recreatio*) – різнобічні корисні функції (послуги) лісу, його вплив на зовнішнє середовище (Туниця, 2002).

Таким чином, за Ю. Ю. Туницею ліс розглядається як еколого-економічна система взаємопов'язаних між собою і зовнішнім середовищем чотирьох обов'язкових компонентів (DMFR). У такий спосіб охоплюється вся сукупність різнобічних компонентів лісу – носіїв споживчої вартості та враховуються екологічні чинники під час оцінки їх використання. Оптимальні варіанти лісокористування знаходяться у параметрах комплексного використання, охорони і відтворення не лише того чи іншого окремого компоненту лісу, а й усієї системи DMFR, яка ще й тісно пов'язана із зовнішнім середовищем, у першу чергу з педосферою (P) (грунтом), гідросферою (H) та атмосферою (A). Тому в цілому лісову екосистему необхідно розглядати як систему PHDMFRA (Туниця, 2002).

Отже, усі природні взаємозв'язки функціонування лісу в даній системі здійснюються через педосферу, ґрунтові води та атмосферу. При цьому ліси відіграють величезну роль у боротьбі з забрудненням атмосфери різними механічними домішками, радіонуклідами та шкідливими мікробами. Затримуючи на кронах дерев пил і гази, ліс виконує важливу фільтруючу роботу. Достатньо зауважити, що один гектар хвойного лісу в рік відфільтровує 30-35 тонн пилу, один гектар листяного лісу – від 50 до 70 тонн. Ліс має здатність не лише підвищувати вміст кисню в повітрі, а й насичувати його фітонцидами (речовинами, що знищують хвороботворні бактерії і мікроорганізми, або затримують їх розвиток). Таким чином,

ліс – це чинник самовідновлення та чистоти повітря, і ніякими штучними фільтрами його не замінити (Генсірук, 1980; Яворовський та ін., 2021; Туниця, 2002).

Ключова роль лісу полягає в підтриманні екологічної рівноваги природного середовища. Основні процеси в ландшафтах відбуваються внаслідок взаємодії гідрокліматичних факторів з літогенною основою, а також дії буферної біогенної групи факторів. Біогенні фактори впливають на гідрологічний режим і місцевий клімат (його зволоження, регулювання температури повітря і ґрунту, показники швидкості вітру, випаровування і транспірації тощо). Головна роль тут належить лісовій рослинності і ґрунтовому покриву, які майже повністю затримують атмосферні опади, зводячи до мінімуму поверхневий стік (Вакулюк, 1984; Криницький, Чернявський, 2014).

Науковими дослідженнями встановлена також важливість лісів та рівня лісистості у підтриманні підґрунтового й інфільтраційного стоку на певному рівні. Ліси запобігають змиванню і розмиванню ґрунту, позитивно впливають на збереження і поліпшення його властивостей, здійснюють закріплення рухомих пісків, припиняють утворення яруг. При відсутності лісів лінійна та площинна ерозії, розвиток ярів, зсуви, селі, катастрофічні повені стали б у природі основними процесами (Генсірук, 1980; Яворовський та ін., 2019; Криницький, Чернявський, 2014).

Суттєву роль відіграє ліс у створенні ресурсів чистої води. В. І. Вернадський писав, що вода, яка пройшла через лісовий ґрунт, через лісову підстилку, настільки чиста, що більш чистої води неможливо одержати в будь якій лабораторії. Досліджено, що під впливом лісових насаджень збільшується лужність води, зменшується її жорсткість, поліпшуються її органолептичні властивості, підвищується прозорість та збагачення мінеральними речовинами (Вакулюк, 1984; Генсірук, 1980).

Туніця Ю.Ю. та інші вчені наголошували, що на лісову екосистему суттєво впливає виробнича діяльність людини. Тому необхідно здійснювати комплексну еколого-економічну оцінку лісових ресурсів у кожному періоді віку лісу (починаючи від лісосік, що відновлюються природним або штучним способом до віку стиглості,

тобто головного користування). Така оцінка передбачає облік і вартісну оцінку впливу будь-якої господарської акції в лісі на екосистему та її зовнішнє середовище, тобто на всю систему PHDMFRA. При використанні того чи іншого компонента лісової екосистеми необхідно враховувати як позитивні, так і негативні ефекти, які можуть проявитися відразу після здійснення тієї чи іншої акції в лісі або з плином часу внаслідок втрат чи погіршення якості інших компонентів екосистеми, наприклад втрат від можливого послаблення захисних функцій лісу (Туниця, 2002; Швиденко, Остапенко, 2001).

Під послугами лісових екосистем розуміють ті функції, які мають значення для людини, для забезпечення її добробуту. Загальноприйнятим є трактування послуг екосистем, яке було запропоноване міжнародним науковим колективом у звіті «Millennium Ecosystem Assessment» (МЕА, 2005) та зафіксоване у звіті ООН: послуги екосистем – це вигоди, які ми отримуємо від них. Згідно з цим документом, послуги екосистем поділяють на чотири групи: забезпечувальні, регулювальні, культурні і підтримувальні (Соловій, 2016).

Забезпечувальні послуги (provisioning services) – продукти, отримані від екосистем (продукти харчування, деревина, волокно, паливо, біохімічні та генетичні ресурси, прісна вода). Більшість з них є предметом торгівлі на ринках (Соловій, 2016).

Основною продукцією лісу є деревина, якої людство споживає щорічно до 5 млрд м³. Доведено, що людина за своє життя споживає 100 м³ деревини. Деревина, як унікальний матеріал, використовується у багатьох галузях господарства, із неї виготовляють понад 20 тисяч найменувань виробів та сполук. Поряд із тим, ліси є джерелом іншої цінної продукції та корисних властивостей: у лісі може здійснюватися заготівля другорядних лісових матеріалів, таких як живиці, пнів, лубу та кори, деревної зелені, деревних соків; можуть проводитися побічні лісові користування, наприклад, заготівля сіна, випасання худоби, розміщення пасік, заготівля дикорослих плодів, горіхів, грибів, ягід, лікарських рослин, збирання лісової підстилки тощо. Окрім того, до недеревних ресурсів лісу можна віднести мисливське та сільське господарство, використання нерудних копалин тощо. З 1 га площі лісу можна отримати за рік не менше продукції, ніж з 1 га сільськогосподарських угідь. При

цьому, собівартість дикорослої рослинної лісової сировини набагато нижча від культурної рослинної продукції (Слін та ін., 1987; Вакулюк, 1984; Рябчук, 1996).

Регулювальні послуги (*regulating services*) – послуги, отримані від регулювання процесів екосистеми. Ця категорія включає в себе послуги, що поліпшують добробут людей шляхом регулювання умов, в яких вони живуть. Ці послуги включають: формування клімату, захист від повеней та інших стихійних лих, контроль захворювань, поглинання відходів людської життєдіяльності, очищення води і повітря, боротьба зі шкідниками. Такі послуги, як правило, не продаються, але в більшості випадків мають вагоме значення для суспільства (Соловій, 2016; Соловій, Кулешник, 2011).

Культурні послуги (*cultural services*) – це послуги, які роблять внесок у культурний, духовний, естетичний стан людей, сприяють створенню почуття місцезнаходження. У лісі можуть використовуватися його корисні властивості для культурно-оздоровчих, рекреаційних, спортивних, туристичних і освітньо-виховних цілей та проведення науково-дослідних робіт (Соловій, 2016; Соловій, Кулешник, 2011).

Підтримувальні послуги (*supporting services*) – це послуги, які підтримують основні екосистемні процеси і функції, такі як ґрунтоутворення, первинна продуктивність, біогеохімічні процеси (кругообіг поживних речовин, фотосинтез), забезпечення проживання. Ці послуги впливають на благополуччя людини, побічно підтримуючи забезпечувальні, регуляційні та культурні процеси (Соловій, 2016; Соловій, Кулешник, 2011).

Задоволення потреб суспільства у конкретній функції лісів, лісових ресурсів чи послуг реалізується через відповідний вид їх використання, а поєднання видів використання формує багатоцільове (багатофункціональне) використання лісу або лісових ресурсів. Єдиним і безальтернативним шляхом, який найефективніше поєднує в собі економічну функцію з екологічною та соціальною, є багатофункціональне ведення лісового господарства на засадах лісівництва, наближеного до природи. Такий підхід, що підтримує постійну вкритість лісових площ, зберігає біорізноманіття, сприяє формуванню природних різновікових лісів, збільшує

економічну ефективність господарювання, поліпшує водорегулювальну роль лісів, дозволяє нарощувати їхній рекреаційно-туристичний потенціал (Криницький, Чернявський, 2014; Лісовий кодекс України, 2019).

1.3. Лісогосподарська діяльність: переваги та недоліки

З усіх видів користування лісом (головний, проміжний і побічний, а також рекреаційний, курортно-санаторний, бальнеологічний, середовище-охоронний та ін.) найбільший вплив на екологію здійснюють рубки деревостою (Свириденко, 2007; Яворовський, 2019).

У лісівництві розрізняють такі основні категорії рубок: рубки головного користування – рубки стиглого деревостою для використання лісу та його відновлення; рубки догляду лісом – рубки задля створення в насадженнях сприятливих умов зростання основних порід, підвищення корисних функцій лісу і своєчасне використання деревини, які починаються під час змикання молодняку і закінчуються за десять років до головної рубки; санітарні рубки – у деревостоях незадовільного санітарного стану проводиться видалення дерев, які пошкоджені буреломом, вітровалом та іншими чинниками (Хрик, Кімейчук, 2011).

Найбільший негативний вплив на лісові екосистеми завдають саме рубки головного користування. Існує більше 100 способів рубок головного користування, які систематизуються у три групи: суцільні, поступові та вибіркові. Застосовуються також комбіновані рубки, коли способи рубок відносяться до двох-трьох груп (Свириденко, 2007; Яворовський та ін., 2021).

При суцільних рубках увесь деревостій, окрім життєздатного підросту, повністю вирубується протягом року чи заготівельного сезону. Можуть бути ще залишені на вирубці екзотичні дерева, технічно цінні та плодові дерева, якщо вони мають високу якість деревини та придатні для збирання насіння. Суцільні рубки головного користування можуть створювати сприятливі світлові умови для відновлення лісу на вирубках, сприяти спрощенню організації охорони від пожеж (Хрик, Кімейчук, 2021).

Однак, існує низка недоліків суцільних рубок: створення несприятливих умов для відновлення рослинності (різкі температурні коливання, ущільнення ґрунту, розростання бур'янами, заболочування); небезпека виникнення розмивів, зсувів та інших руйнувань ґрунту, особливо у гірських районах; можливість погіршення стану лісу унаслідок поширення вітровалів, суховершинності тощо; активізація утворення осередків поширення шкідливих комах та хвороб в лісових масивах та на вирубках, особливо якщо не вивезена деревина; збільшення пожежної небезпеки через накопичення великої кількості горючих матеріалів та швидкого їх висихання у весняно-літній період (Свириденко, 2007).

Поступові рубки головного користування мають свої особливості: виходячи з прийнятого порядку відбору дерев у рубку (рівномірно по всій площі лісосік або у відібраних групах) вони класифікуються як рівномірні та нерівномірні; в залежності від тривалості часу проведення вони можуть бути короткочасними та довготривалими.

До переваг рівномірних поступових рубок з екологічної точки зору можна віднести дещо менше пошкодження ґрунту та усунення розриву між рубкою та поновленням без призупинення процесу лісовирощування (при його скороченні на 10-15 років найбільше зберігаються та забезпечуються водоохоронні та ґрунтозахисні властивості лісу) (Швиденко, Остапенко, 2001).

Однак, рівномірні поступові рубки мають багато недоліків, серед яких можна виділити наступні: ушкоджується та знищується підріст при валці та трелюванні лісу, особливо при освітлювальному та остаточному прийомах; ушкоджуються дерева, які не піддавалися рубці; у багатьох типах не виключена небезпека заглушення самосіву та підросту порослю ліщини, липи, рододендрону та інших видів деревної, чагарникової та трав'яної рослинності, що викликає додаткові витрати на її усунення; труднощі, а в деяких випадках і неможливість, проведення поступових рубок у лісах із підвищеною небезпекою вітровалів і буреломів (Свириденко та ін., 2005; Свириденко, 2007).

При застосуванні нерівномірних поступових рубок є можливість урахування різноманітності лісорослинних умов, стану деревостою та підросту на порівняно

невеликій території, а також вони мають такі позитивні особливості, як відсутність розриву між рубкою та поновленням; можливість поліпшення природного стану лісу та створення красивих лісових пейзажів. Проте, нерівномірні поступові рубки можуть призвести до утворення морозобійних ям у вікнах та улоговинах, розростання трав та задерніння ґрунту; до вітровалів на вологих ґрунтах, особливо в перемичках між вікнами, що зближуються, а також у місцях інтенсивного розріджування (Свириденко, 2007; Хрик, Кімейчук, 2021).

Вибіркові рубки головного користування (підшукові, підневільно-вибіркові, інтенсивно-вибіркові та добровільно-вибіркові) розрізняються між собою ступенем впливу на екологічний стан лісу.

Підшукові рубки практикувались у державних лісах до XIX ст., а в обцинних – і до початку XX ст. Пізніше за допомогою підшукових рубок здійснювалася заготівля деяких спеціальних сортиментів деревини: фанерного і лижного кряжів, рушничної болванки, резонансової ялинової деревини та ін. При підшукових рубках з 1 га площі лісу вирубувалось іноді кілька дерев, зрідка десятків-два, тому ці рубки називали ще рубками за якістю. У сучасний період підшукові рубки застосовуються дуже рідко. Якщо потрібні спецсортименти, наприклад резонансова деревина, то найчастіше їх заготовляють при суцільних рубках, але до проведення рубки підшукують необхідні дерева, позначають їх фарбою, а після зрубання вивозять окремо від інших і використовують за призначенням (Матусяк, 2022).

Для підневільно-вибіркових рубок відбираються дерева тільки однієї породи, певного діаметра і без дефектів. Такі рубки набагато знижують продуктивність та захисні властивості майбутнього покоління лісу; неповністю використовуються дерева, що вирубуються; у процесі рубки ушкоджується частина деревостою, що залишилася, і збільшується фаутність лісу; знижується якість дерев, що залишилися після рубки (з'являється закомелістість - різке збільшення діаметра нижньої частини стовбура, ексцентричність стовбура, сукуватість); погіршується санітарний стан лісу; збільшується небезпека виникнення вітровалів, буреломів, появи сухостою та вогнищ короїдів. Такі рубки викликають також задерніння і ущільнення ґрунту, розростання

підліску, погіршують умови відновлення лісу, різко знижують водорегулюючі та ґрунтозахисні властивості лісів (Свириденко, Швиденко, 1995; Свириденко, 2007).

Добровільно-вибіркові рубки головного користування за технікою виконання, цілями та результатами прямо протилежні підневільно-вибірковим рубкам. Основна мета добровільно-вибіркових рубок – забезпечити успішне насінневе відновлення лісу, зберегти його захисні властивості та поліпшити санітарний стан. При таких рубках в першу чергу вирубуються фаутні, дефектні, перестійні дерева, а також ширококронні, дерева з поступовим зменшенням діаметра стовбура у напрямку від низу до вершини, що перевищує 1 см на 1 м довжини, стовбури з уповільненим зростанням (Свириденко та ін., 2005; Свириденко, 2007).

Добровільно-вибіркові рубки мають низку недоліків, головні з яких - це утруднення відновлення світлолюбних порід; різновікова структура лісу не сприяє очищенню дерев від сучків; знижується якість деревини; потрібне будівництво постійних лісових доріг на всій території лісового масиву. Проте, добровільно-вибіркові рубки найменш негативно впливають на лісові екосистеми. Вони докорінно не порушують лісової обстановки, підвищують естетичні властивості, безперервно оздоровлюють ліс, що перешкоджає зараженню його грибними захворюваннями та шкідливими комахами. До переваг таких рубок слід віднести можливість безперервного користування лісом; підвищення продуктивності лісу на 20–30%; створення змішаних та багатоярусних насаджень з тіньовитривалих порід, таких як ялиця, бук, ялина. При добровільно-вибіркових рубках ґрунт майже не пошкоджується, забезпечується його захист від ерозії, він щорічно удобрюється опадом, зберігає свою родючість; посилюються водоохоронні, ґрунтозахисні та санітарно-гігієнічні властивості лісу, його вітростійкість; завдяки різновіковості насадження найліпше використовується світло (Свириденко, 2007; Хрик, Кімейчук, 2021).

Можна окремо відзначити значне позитивне значення рубок догляду на стан деревостою. Там, де систематично проводяться рубки догляду, покращується санітарний стан лісу та зменшується рівень пожежної небезпеки. Рубками догляду, шляхом регулювання складу, форми та зімкнутості пологу деревостою,

забезпечується збереження та підвищення водоохоронних, захисних та інших корисних функцій лісу. Періодичне зріджування сприяє також кращому освітленню всієї поверхні крони, що, у свою чергу, підвищує рівень плодоношення дерев. Крім того, при валці дерев та їх трелюванні відбувається неминуче розпушування підстилки. Це сприяє появі сходів та розвитку самосіву (Швиденко, Остапенко, 2001; Свириденко, 2007).

Значний негативний вплив на ліс мають усі види побічних користувань. Особливо значну шкоду лісу завдає інтенсивне випасання худоби. Воно призводить до ущільнення ґрунтів, погіршує їхню аерацію та водно-повітряний режим. Це, зокрема, викликає зникнення дощових черв'яків, які, як відомо, покращують структуру ґрунту, підвищують його водорегулюючу та протиерозійну роль. Ущільнення ґрунту має наслідком зменшення приросту та усихання насаджень. Найбільшою мірою чутливі до випасання худоби ялинові, дубові, букові та соснові деревостани.

Сінокосіння також негативно позначається на ході природного відновлення на вирубках, особливо на тих, що ще не відновилися. Також велика шкода лісу наноситься через збирання верхнього шару лісової підстилки, яка не розклалася, особливо в насадженнях на бідних ґрунтах (Олійник, Вітер, 2011; Свириденко та ін., 2005; Рябчук, 1996).

Отже, лісові екосистеми значно потерпають від проведення лісогосподарських робіт і потребують впровадження таких заходів, які б забезпечили їхнє оздоровлення й посилення захисних, санітарно-гігієнічних, оздоровчих та інших функцій.

1.4 Особливості сучасного стійкого лісового господарства Німеччини та лісогосподарський екологічний менеджмент

Площа Федеративної республіки Німеччина складає 35,4 млн. га, з яких біля 11,4 млн. га (32,2%) вкриті лісом. Площа лісу щорічно зростає: за період з 2002 по 2012 рік площі лісів в Німеччині збільшилася на 49.597 га, особливо в федеральних землях Північний Рейн-Вестфалія та Нижня Саксонія. Загалом середнє щорічне збільшення площі лісів становить 4,9 тисяч гектарів.

У землі Нижня Саксонія ліси займають площу близько 1,1 мільйона гектарів, що становить майже чверть її території. 59% цих лісів належать приватним власникам, 28% – державі, 8% – державним органам і 5% – Федеративній Республіці Німеччина (Borrass, Kleinschmit, Winkel, 2017; Зетцер, 2018).

У Німеччині важливим аспектом при розгляді розподілу видів дерев є питання, наскільки існуючий їх розподіл близький до природного. Третя Федеральна інвентаризація лісів показала, що 76,3% основної площі заліснення є дуже близькою до природної, близькою до природної або частково близькою до природної.

Ліси в Німеччині забезпечуються належною охороною. Це витікає, зокрема, із законодавчого зобов'язання, відповідно до §1 Федерального закону про ліси (BWaldG), згідно якого ліси необхідно зберігати, виходячи з їхніх функцій щодо користування, захисту та забезпечення місця для відпочинку, за необхідністю збільшувати їхню площу і гарантувати стаке ведення у них господарської діяльності (Jakobsen, 2001; Yaroshenko, 2022).

У Німеччині 47% площі лісів знаходяться в ландшафтно-охоронних зонах, а 38% - у природних парках. Обидві ці категорії природоохоронних територій представляють екстенсивний статус захисту. Лісогосподарські заходи щодо ведення господарської діяльності в них переважно не обмежуються. Більш інтенсивно захищені площі лісів, які розташовані на територіях мережі «Natura 2000», а також в природних заповідниках, біосферних резерватах та національних парках, де лісогосподарські заходи у випадку конфлікту цілей поступаються захисту природи (Ярошенко, Склад, 2023).

Наступну важливу складову для покращення біологічного різноманіття представляють собою природні лісові резервати, які на основі добровільного зобов'язання у федеральних землях в публічних та приватних лісогосподарських підприємствах охороняються безпосередньо власниками. Природними лісовими резерватами є ліси, у яких призупиняється ведення господарської діяльності та здійснюються лише заходи, що спрямовані на забезпечення безпеки пересування. Концепція передбачає, що мають з'явитися «праліси завтрашнього дня». У загальному в Німеччині в природних лісових резерватах під захистом знаходиться 35 тис. га які в довгостроковій перспективі мають перетворитися на праліси.

Усі федеральні землі розробили власні лісові програми, в яких рекомендації щодо дій є значно конкретнішими, ніж у Лісовій стратегії Федерального уряду. Так, у Лісовій стратегії 2050 федеральної землі Саксонія, яка була прийнята державним урядом федеративної землі Саксонія в листопаді 2013 року, зазначено шляхи розвитку лісу та лісового господарства до середини 21-го століття. У ній намічено конкретні рекомендації щодо досягнення цілей на 2050 рік, до яких слід прагнути, а також віхи їх досягнення та фактори успіху (Ярошенко, 2021).

У Стратегії розвитку лісів 2050 федеративної землі Саксонія сформульовано, зокрема, наступні цілі:

- збільшення частки площі лісів до 2020 року на 28,8%, з 2020 року щорічно на 0,4%;
- до 2030 року 30% приватних та суспільних лісів мають бути організованими у лісові об'єднання;
- до 2050 року зміна розподілу за видами дерев на 60% хвойних та 40% листяних видів (зараз 70% і 30%, відповідно).

Майже всі лісові адміністрації федеральних штатів в Німеччині називають своє лісове господарювання «близьким до природи» («naturna»). «Семантично термін «близький до природи» виникає з гуманістичного тлумачення природи, на відміну від біоцентрично налаштованого сприйняття, яке є строгішим і може бути визнано фундаменталістським» (Schütz, 1999). Однак, в кінцевому результаті лісове господарювання, близьке до природи, визначається конкретними заборонами та

стандартами дій, що формуються в десятках програм лісового господарювання або постанов, які перефразовують термін «близький до природи». Приклади: це програма «довгострокового екологічного розвитку лісу (LÖWE)» у федеральному штаті Нижня Саксонія, концепція «лісового господарювання, близького до природи» в Баден-Вюртемберзі, Рейнланд-Пфальці і Гессені або «Ліс - 2000» в Північному Рейні-Вестфалії.

Нижче наведено короткий опис цілей та принципів лісового господарювання, «близького до природи», на прикладі принципів адміністрації лісу Рейнланд-Пфальц (MUF, 1994):

- стабільні та гнучкі екосистеми лісу як передумова збереження та подальшого розвитку потенціалу всіх природних ресурсів лісу;
- множинні функції лісу, що забезпечені оптимальним виконанням консерваційних та рекреаційних завдань у зв'язку із сталим виробництвом та використанням цінного дерева;
- створення цінних лісів з великим різноманіттям видів за допомогою змішаних насаджень з високим відсотком листяних дерев;
- постійне екологічне спрямування стратегій догляду, прорідження та використання;
- вибір видів дерев, що відповідають конкретним умовам місць, та збереження природної родючості ґрунту;
- екосистемно-сумісне полювання;
- збільшення віку заготівлі та цільової товщини стовбура;
- підтримка реалізації природних сукцесій.

Програма LÖWE, урядова програма управління лісами в німецькій землі Нижня Саксонія, - це приклад німецького інтегративного підходу до багатофункціонального лісового господарства. LÖWE прямо звертається до ідеї багатофункціонального та «наближеного до природи» лісового господарства в державних лісах. Це один із найперших прикладів у Німеччині політичної програми, яка чітко націлена на даний тип управління, включаючи сильний акцент на екологічних аспектах. У зв'язку з цим він отримав постійну політичну увагу в Німеччині та на міжнародному рівні; LÖWE

можна розуміти як взірцевий випадок німецької моделі. Зосередження уваги на LÖWE було зумовлене необхідністю зрозуміти різноманіття соціальних, економічних і наукових факторів, які сприяють розвитку парадигми управління лісами, а також наміром більш комплексно оцінити його потенціал щодо сприяння сталому управлінню світовими лісами.

Програма LÖWE (програма довгострокового екологічного розвитку лісів) була прийнята в 1991 році після кількох років підготовки та переговорів, особливо в рамках державної адміністрації лісового господарства, міністерств сільського господарства та навколишнього середовища. Політичне значення програми було підкріплено тим, що вона стала обов'язковою через урядовий декрет. З тих пір програма LÖWE була прийнята і підтримана наступними урядами різних політичних пристрастей. Програма LÖWE аналізується через призму інтеграції екологічної політики (EPI). EPI є одночасно політичною програмою та науковою концепцією. Це стосується включення екологічних аспектів у всі сфери політики. Таке включення екологічних аспектів може мати місце в процесах прийняття рішень і результатах, а також у реалізації державної політики.

Створення нової системи управління лісами Нижньої Саксонії BIENE (оперативна інвентаризація, контроль успіху, природне планування та вихід результатів) базується на цілому ряді керівних принципів та процедурах їх виконання (Kleinschmit, 2019).

Хоча дискусія про лісове господарювання не піднімалася власниками, та вона була ініційована екологічними організаціями, їхнім уявленням про «природне» та «неприродне» лісове господарювання. Це обговорюється не лише в Німеччині, але й на світовому рівні (Brang et al., 2014; O'Hara, 2016). Так, вибіркоче лісове господарювання з буком (*Fagus sylvatica* L.) стало об'єктом уваги лісової екології та управління в усій Центральній Європі. Протягом процесу конвертації лісу від класу віку до лісового господарювання з постійним покриттям (далі - вибіркоче лісове господарювання), а також для управління існуючими вибірковими лісами, не має відомостей про вирубування і плани вирубування, але вони потрібні для розроблення планів управління та прийняття оперативних рішень.

Відповідно до теорії вибіркового лісового господарювання (Mathes, 1910), управління щільністю ґрунтується на концепції стійкого стану, в якому кількість дерев у діаметральному класі поповнюється з наступного меншого діаметрального класу так, щоб кількість дерев у конкретному діаметральному класі залишалася постійною, незважаючи на те, що заготівля відбувається в основному в найбільших діаметральних класах. Консервативна власність, правове збереження за рамками Natura 2000 ЄС та час, який необхідний для впровадження будь-яких змін у розміри деревини, роблять це важким завданням. Кількість заготівель у найбільшому діаметральному класі визначається приростом дерев у менших діаметральних класах. Перевищення або недостатнє використання цільових дерев призводить до втрати рівноваги навіть без буреломів.

Потенціал використання лісів можуть збільшити різноманітні лісогосподарські заходи. До найважливіших заходів належать висадження дерев на раніше невикористовуваних землях, вибір особливо продуктивних видів дерев, а також використання селекційно поліпшеного лісового насінництва при омолодженні лісів, скорочення цільових діаметрів або періодів обертання для видів дерев з високим юнацьким приростом та удобрення лісових місцезнаходжень.

Деякі з цих заходів інколи призводять до конфліктів із учасниками охорони природи. З 1990 по 2012 рік площа лісів зросла лише на 2%, приблизно на 200 000 га. При максимально реалістичній додатковій площі під лісозаготівлею в 260 000 га і щорічній швидкості висадки в 10 000 га до 2030 року короткострокових додаткових потенціалів використання досягнути неможливо (Volte, Polley, 2010).

Найбільший короткостроковий ефект матиме, навпаки, зниження обсягів залишків через скорочення середніх термінів обертання (ефект мобілізації). У довгостроковій перспективі можливі ще додаткові, але значно менші, збільшення об'єму шляхом наближення термінів обертання до оптимуму приросту. При створенні плантацій короткострокового обертання (4-річний оберт) протягом наступних десяти років з'являться невеликі додаткові потенціали використання. При створенні довговічних гірських лісів (80 років обертовий час) значні додаткові можливості будуть досягнуті лише в кінці обертового періоду. Також заміна насаджень ялиць

продуктивними партіями дугласій призводить до додаткових потенціалів використання тільки через 40 років (Volte, Polley, 2010).

Управління лісами в Німеччині відбувається головним чином в рамках «природного лісівництва». До нього входить підтримка місцевих або природно відповідних видів дерев, відмова від рубок, перевага природного відновлення лісів, створення змішаних та структурно різноманітних лісів, а також втручання з урахуванням збереження окремих дерев (Spathelf, 1997).

1.5 Реакція популяцій рослин трав'яного ярусу на результати лісогосподарської діяльності

Г. Ф. Морозов перший охарактеризував значення популяції лісових трав: «лісова флора є надзвичайно чутливим барометром, що вказує на стан насадження, зокрема на стан його внутрішнього середовища». Вчений зазначав, що при зрубіванні насадження відбуваються найбільш різкі зміни у складі та характері трав'яної флори завдяки зміні біометеорологічних умов, а частково також і ґрунтового середовища; найчастіше відбувається так звана зміна покриву, тобто заміна тінюлюбної флори світлолюбними елементами, представниками лук і бур'янами (Хрик, Кімейчук, 2021).

Пізніше вченими було продовжено вивчення особливостей заростання вирубок травами, структурних перетворень трав'яного покриву у ході лісовідновлювальних змін. Одним з послідовників Морозова у дослідженнях трав'яного ярусу лісових екосистем був Більков В.П., який описав результати своїх досліджень щодо заростання вирубок куничником наземним (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), щучником дернистим (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.) та іншими злаками. Дослідженнями було встановлено, що поява злаків на вирубках пояснюється не занесенням їхнього насіння вітром із сусідніх територій, а реалізацією ними вегетативного розмноження. З відновленням сприятливих умов, коли в результаті рубки лісу різко поліпшується не лише світловий режим, а й умови ґрунтового живлення, злаки швидко розростаються. Зі сторони заноситься вітром лише легке

насіння бур'янів, яке забезпечене відповідними морфологічними пристосуваннями, про що писав і Г. Ф. Морозов (Ковалевський, 2004, 2005).

Вчені В. П. Більков, А. Я. Омеляненко і А. Н. Мартинов охарактеризували закономірності природного розвитку трав'яного покриву, зокрема й специфіку його розвитку на вирубках у різних типах лісу. Вони встановили, що безпосередній вплив трав'яного покриву на деревні породи в основному пов'язаний з конкуренцією за світло, воду, мінеральні речовини. На підставі отриманих даних про ефективність регулювання трав'яного покриву з метою підвищення продуктивності насаджень було зроблено висновок, що біомаса трав'яного покриву в лісі має бути в кілька разів меншою, ніж біомаса листя деревних порід. Було запропоновано заходи щодо обмеження розвитку небажаних трав'янистих рослин за рахунок застосування тракторних ґрунтообробних знарядь, немеханізованих та хімічних методів впливу на трав'яний покрив, а також розроблено шляхи збереження корисних рослин (Павлюк Н., Павлюк В., 2013).

Вчені Б. Л. Маслаков і Б. П. Колесников проводили дослідження щодо можливості визначення типів вирубок за ознаками розвитку трав'яного покриву. За основу вони взяли вчення І. С. Мелехова, який писав, що тип вирубки як тип умов середовища «...визначається характером рослинного, частіше всього ґрунтового покриву – його змінами у просторі та в часі». Мелехов І. С. виділив етапи у розвитку трав'яного покриву на вирубках і діагностував типи останніх за ознаками одного з таких етапів, в момент настання якого умови середовища на вирубці дещо стабілізуються. Маслаков Б. Л. і Колесников Б. П. дослідили, що в динаміці трав'яного покриву більшості вирубок можна виділити три якісно відокремлені етапи:

- перший етап розвитку триває один-два роки. Протягом цього періоду відмирають і гинуть найпоширеніші тіньюлюбні та тіньювитривалі представники лісових екосистем. У багатьох рослин процес фізіологічної перебудови є дуже ускладненим, але частина з них все ж таки пристосовується до нових умов середовища. Вільний простір починає заселятися світлолюбними видами;

- другий етап настає на другому-третьому році життя вирубки і триває 5-6 років. Це період бурхливого розселення та вегетації світлолюбних представників відкритих

просторів, а задерніння досягає 30-50 відсотків. До завершення даного періоду, унаслідок висушування злаками верхніх горизонтів, змін підстилки і, нарешті, поступового активізації відновлення деревних порід, суцільний і густий трав'яний покрив починає деградувати. У підсумку, зазвичай до віку 7-8 років, а подекуди іноді і раніше, у розвиткові трав'яного покриву на більшості вирубок поступово настають докорінні зміни: різко скорочується кількість багатьох світлолюбних видів і починають відновлюватися угруповання рослин вихідних асоціацій;

- третій етап у розвитку трав'яного покриву на вирубках – це витіснення світлолюбних трав деревною рослинністю та відновлення лісових фітоценозів. Він завершується до віку 10-12 років, коли закінчується змикання пологів молодого насадження, що формується (Ковалевський, 2004, 2005; Павлюк Н., Павлюк В., 2013).

Вплив трав'яного ярусу на підлісок соснових лісів після рубок вивчали Вітас Марозас та Юргіта Саснаускене (2011) з литовського університету Александра Стулгінскіса. Вони, зокрема, встановили, що на місці рубок збільшується проєктивне покриття *Calluna vulgaris* L. та *Vaccinium vitisidaea* L., а покриття *Calamagrostis arundinacea* L. та *Vaccinium myrtillus* L. значно зменшується (Marozas, Sasnauskienė, 2011).

Вивченням трав'яної рослинності на зрубках займався також Р.М. Вітер (2013). У його роботі «Структура і динаміка трав'яної рослинності на зрубках букових лісів Західного Лісостепу» наведено систематичну та еколого-біологічну структуру трав'яного покриву зрубів букових лісів Західного Лісостепу, виділено етапи і стадії сукцесії, подано їх характеристику та проаналізовано динаміку різних екологічних груп рослин у ході вторинної сукцесії. Досліджено також динаміку надземної фітомаси популяцій домінантів трав'яного покриву на відповідних етапах і стадіях сукцесії. Так, у розвитку лісової рослинності виділено етапи сукцесії: дигресивний (тривалість цього етапу дигресії становить у середньому один рік) і демутаційний. Демутаційний етап містить піонерну (2-4-річні зруби), кореневищну (5-7-річні зруби) і дернову стадії (рослинність вступає у дернову стадію на 8-річних зрубках і закінчується на 10-12 річних), які відрізняються структурно-функціональною

організацією фітоценозів. За результатами динаміки екологічних груп рослин за етапами і стадіями сукцесії, було відзначено послідовне зменшення кількості лісових видів трав: із 75 % на дигресивному етапі - до 12 % на дерновій стадії демутаційного етапу, а кількість лучних видів трав, навпаки, зростає – із 13% до 75%, відповідно. Найбагатшим видовим різноманіттям та відносно пропорційним представництвом різних екологічних груп рослин відзначається піонерна стадія демутаційного етапу. Серед домінантних популяцій трав'яного покриву на дигресивному етапі та кореневищній і дерновій стадіях демутаційного етапу за надземною фітомасою переважає *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., а на піонерній стадії – *Impatiens noli-tangere* L. (Вітер, 2013).

Проведений аналіз літературних джерел об'єктивно засвідчує, що ярус трав є не лише важливим компонентом лісових систем, а й структурою, яка чутливо реагує на зміну еколого-ценотичних умов місцезростань, обумовлених як природними, так і господарськими впливами. З врахуванням зазначеного, вивчення процесів, які відбуваються на рівні ярусу трав, має суттєве теоретичне та практичне значення. При цьому, пріоритетними є дослідження, які охоплюють провідні ценозоутворюючі види.

1.6 Характеристика видів рослин, які охоплені комплексним популяційним аналізом

В наших дослідженнях комплексним популяційним аналізом було охоплено три види: копитняк європейський (*Asarum europaeum*), зірочник лісовий (*Stellaria holostea*) та чина весняна (*Lathyrus vernus*), які є одними з найпоширеніших видів трав'яного ярусу букових лісів Німеччини і належать до числа провідних ценозоутворювачів.

Копитняк європейський (*Asarum europaeum*) належить до роду Копитняк (*Asarum* L.), родини Хвилівникові (*Aristolochiaceae*) (Барбарич та ін., 1965).

A. europaeum – трав'янистий розетковий полікарпик, гемікриптофіт. Це багаторічна вічнозелена трав'яна коротко-волосиста рослина (5–10 см заввишки) з повзучим, розгалуженим кореневищем (до 50 см довжиною), яке залягає під мертвим

шаром листя, має аромат, що схожий на запах камфори. Назва рослини – «копитняк», напевно, походить від схожості листків із формою кінського копита. Інша версія – назва рослини походить від грецького слова "килим". Цю назву дано за здатність рослини утворювати ефектні килимові зарості.

Пагін короткий, лежачий, звичайно з двома, рідше з трьома прикореневими довгочерешковими листками. Листки округлі, ниркоподібно-серцеподібні, трохи шкірясті, зверху блискучі, коротко-опушені, цілокраї, зимуючі. Пластинка листка темно-зелена, зісподу світліша, взимку забарвлення листків не змінюється. Життя листя триває цілий рік, незважаючи на сувору зимову пору. Листя зимує під снігом у зеленому вигляді, але з приходом тепла і світла починає бліднути і відмирати. На зміну їм уже виростають молоді, шовковисто-опушені листки (Мамчур, Варлащенко, 2013; Коваленко, 2018).

Квітки двостатеві, правильні, одиночні, містяться на коротких пониклих квітконіжках, знаходяться між листками біля поверхні ґрунту. Оцвітина проста, віночкоподібна, до 0,8 см у діаметрі, складається із трьох закручених до середини яйцевидних загострених пелюсток. Віночок дзвоникуватий, ззовні буро-зелений, усередині темно-червоний з фіолетовим відтінком. Тичинок – 12, маточка – 1, зав'язь нижня, або напівнижня. Цвіте у березні-травні, період цвітіння триває 20 ± 3 дні.

Самозапильна рослина, всі квіти дають плоди. Плід - шестигнізда напівкругла, що неправильно розкривається, коробочка, з тригранно-яйцевидним насінням. У кожному плоді утворюється до 36 насінин. Одна генеративна особина продукує до 100 насінин на рік. Маса 1000 насінин становить 4,2-4,4 г. Основні розповсюджувачі насіння – мурашки і мишоподібні гризуни. Саме тому квітки розташовані так близько до землі і мають специфічний принаджувальний запах. Через це проростки нерідко трапляються як серед зарослі материнських рослин, так і на значній віддалі від них. Схожість насінини 37-76 %. Не все насіння проростає весною даного року, частина з нього (10-12 %) дає сходи весною наступного року (Коваленко, 2015 а), б), в); Біленко та ін., 2015).

Пагони ростуть переважно у березні-травні. У кінці травня – на початку червня у місцях контакту з ґрунтом вони починають укорінюватися. Швидкість вегетативного розростання особин становить 2–5 см на рік.

Фенофази *A. europaeum*: догенеративна вегетація (кінець третьої декади березня - початок другої декади квітня); бутонізація (середина другої декади квітня – початок третьої декади квітня); цвітіння / утворення спороносних пагонів (середина третьої декади квітня – перша декада травня); плодоношення / спороношення (друга декада травня – третя декада травня); постфлоральна вегетація (перша декада червня – третя декада вересня) (Коваленко, 2015 а), б), в); Мамчур, Варлащенко, 2013; Коваленко, 2018).

A. europaeum – мезофіт, він є індикатором досить забезпечених вологою місць, але не сирих і не заболочених. Росте у напівзатемнених і затінених місцях, добре почуввається у листяному перегної. Він є також індикатором високої родючості ґрунту. *A. europaeum* – теплолюбна рослина, широко поширена у тінистих, переважно широколистяних лісах, рідше – у багатих мішаних лісах. Росте майже по всій Європі, окрім Скандинавії та Великої Британії. Нерідко утворює розріджені покриви, або зарослі-плями, на десятки гектарів (Коваленко, 2018; Краснов та ін., 2009).

A. europaeum є не тільки важливими компонентом лісових екосистем, а й має низку інших корисних властивостей. Рослина багата на ефірні масла, смоли, крохмаль, дубильні речовини, глікозиди, флавоноїди. Так, коріння *A. europaeum* містить ефірну олію, а листя – алкалоїди, флавоноїди (кемпферол, кверцетин), стероїд ситостерин, фенолкарбонові кислоти (кавова, ферулова, п-кумарова). Рослина отруйна, тому застосовувати її потрібно з обережністю. Хоча копитняк поширений вже давно і часто використовується у народній медицині та в магічних цілях, сучасна фармакологія тільки зовсім недавно почала звертати на нього увагу. Вивчення застосування даного виду у лікарській промисловості у низці країн світу є актуальним у наш час (Кархут, 2001; Біленко та ін., 2015).

За лікарськими властивостями *A. europaeum* найчастіше використовують як засіб для лікування дихальних шляхів. Крім того, копитняк поліпшує серцеву діяльність, звужує артеріальні судини, підвищує тонус венозних судин і кров'яний

тиск, виявляє жовчогінну, сечогінну, протизапальну і седативну дію, регулює функцію шлунку тощо (Кархут, 2001; Гродзінський, 1989).

Популяційні дослідження *A. europaicum* вже проводились в умовах лісових фітоценозів Лівобережного Полісся України (Скляр Ю, Скляр М, 2015). Встановлено, що популяції *A. europaicum* вирізняються високим рівнем різноманітності віталітетної структури. В лісах регіону було виявлено популяції *A. europaicum* всіх трьох якісних типів: депресивні, врівноважені та процвітаючі. Перші із них є найбільш поширеними. Найсуттєвіший вплив на віталітетну структуру популяцій *A. europaicum* проявив чинник освітленості під наметом лісу, а також рівень карбонатів у ґрунті. За комплексом абіотичних екологічних чинників найсприятливішими щодо формування популяцій *A. europaicum* виявилися умови угруповання *Tilieto (cordatae)–Quercetum (roboris) stellariosum (holostea)*, а найгіршими – *Pinetum (sylvestris) franguloso (alni)–vaccinosum (myrtilli)* та *Quercetum (roboris) coryloso (avellanae)–convallariosum (majalis)*.

Дослідження в Національному парку «Деснянсько-Старогутський» показали, що популяції *A. europaicum* найбільш характерні для дубових і соснових асоціацій. За онтогенетичним типом вони нормальні і перехідні від зрілих до старіючих. Так в усіх асоціаціях (*Quercetum coryloso–asarosum*, *Querceto–Pinetum coryloso–asarosum*, *Pinetum coryloso–asarosum*) індекс генеративності *A. europaicum* досить високий (від 33 до 46 %). За віталітетним типом одна популяція *A. europaicum* процвітаюча (в асоціації *Quercetum coryloso-asarosum*), у двох інших – рівноважні (Коваленко, 2015а).

Зірочник лісовий або ланцетовидний (*Stellaria holostea*) належить до роду Зірочник (*Stellaria* L.), родини Гвоздикові (*Caryophyllaceae*) (Барбарич та ін., 1965).

S. holostea – багаторічна трав'яниста рослина з тонким повзучим кореневищем. Стебла, що піднімаються, 20–35 см (іноді до 60 см) заввишки, у верхній частині гілкуються, чотиригранні, гладкі, у вузлах жорстковолосисті.

Листя вузьколанцетної форми, із загостреним кінцем, супротивні, зрощені основами, по краю і по середній жилці з нижньої сторони жорсткі, 4–9 см завдовжки і до 1,3 см завширшки.

Квітки зібрані в пухкий дихазіальний напівзонтик по 3–30 штук, на короткоопушених квітконіжках до 4 см завдовжки. Чашолистки яйцевидно-ланцетні, гладкі, гострі, без помітних жилок, 7-10 мм завдовжки. Пелюстки білого кольору (іноді віночок редукований), розділені на дві частки лінійно-довгастої форми до половини, вдвічі довші від чашолистиків. Рилець у маточки три, тичинок, як правило, десять. Цвіте з другої половини квітня до другої половини червня. Плоди – кулясті коробочки 5-6 мм завдовжки, відкриваються трьома стулками, потім кожна розпадається ще на дві. Насіння 2-3 мм у діаметрі, ниркоподібне, червоно-коричневе. Насінина округла, з тонкими горбочками (Коваленко, 2018; Краснов та ін., 2009).

Довговегетуюча рослина з високою швидкістю росту: одна рослина просувається горизонтальними пагонами на відстані до 1 метра і більше протягом сезону. Сходи з'являються у травні, виживають виключно на позбавлених рослинного покриву ділянках (Коваленко, 2015б,в), 2018).

Тіньовитривала рослина, евтроф, мезофіт. Батьківщина *S. holostea* – Середня та Північна Євразія. Широко поширена у широколистяних та мішаних лісах Європи, Кавказу, Малої Азії, Північної Африки, Західного Сибіру. Завезена до Північної Америки, у ряді штатів США натуралізувалася. Екологічний ареал – свіжі та вологі сугруди і груди. Індикаційне значення – індикатор свіжих та вологих грудів (Краснов та ін., 2009).

Практичне значення: декоративна, медоносна та пилконосна рослина. Концентрація цукру у нектарі 62,6%. Максимальна продуктивність нектару в широколистяному лісі - 0,4 кг/га при щільності рослин 25 шт на 1 м². Листя та стебла містять 80 мг% аскорбінової кислоти. У народній медицині відвар *S. holostea* застосовується для лікування корости, кашлю, хвороб шлунку. Охоче поїдається худобою. У коней відзначаються отруєння, що викликають ураження центральної нервової системи. Про отруєння інших видів худоби відомостей немає (Гродзінський, 1989; Коваленко, 2018).

Популяційні дослідження *S. holostea* проводилися в Національному парку «Деснянсько-Старогутський». Аналіз показав, що всі вивчені популяції *S. holostea* в асоціаціях *Querceto-Pinetum coryloso-stellariosum*, *Quercetum coryloso-caricoso*

(pilosae)–stellariosum і *Querceto–Pinetum stellariosum* були нормальними, перехідними від зрілих до старіючих. Про це свідчать високі індекси їх генеративності (від 24 до 56%) й віковості (від 0,62 до 1,82). Найбільш високий індекс якості мають популяції *S. holostea* із асоціації *Querceto–Pinetum stellariosum* ($Q=0,37$; тип популяції – процвітаючий). В асоціації *Querceto–Pinetum coryloso–stellariosum* тип популяції *S. holostea* – врівноважений ($Q = 0,27$), в асоціації *Quercetum corylosocaricoso (pilosae)–stellariosum* – депресивний ($Q = 0,15$) (Коваленко, 2015а)).

Чина весняна (*Lathyrus vernus*) належить до роду Чина (*Lathyrus* L.), родини Бобові (*Fabaceae*) (Барбарич та ін., 1965).

L. vernus – багаторічна трав'яниста рослина з розгалуженим кореневищем. Кореневище товсте, гіллясте, без пагонів, з численними тонкими чорними коренями. Пагін прямостоячий, голий, розгалужений, гранчастий, висотою 20-50 см. Прилистки великі, яйцеподібно-ланцетні, 15-20 мм завдовжки, 5-8 мм завширшки. Черешки 2-5 см завдовжки, жолобчасті, довші за прилистки. Листя складається з 2-4 пар яйцеподібних або широко-овальних листочків 3,5-8 см завдовжки, 5-8 мм завширшки, довго-загострених, знизу сіро-зелених. (Коваленко, 2015б,в), 2018; NiNa.Az., 2023).

Квітконоси майже прямостоячі, більш-менш дорівнюють листкам. Грони 3-8-квіткові, квітки пониклі, метеликові. Прицвітки дрібненькі, шиловидні. Квітконіжки коротші за чашечку, притиснено-опушені. Чашечка широко-дзвоникувата; нижні зубці її широко-ланцетні, майже дорівнюють її трубочці; верхні – трикутні, значно коротші за нижні, сходяться верхівками. Віночок 14-18мм завдовжки, прапорець пурпурово-синювато-фіолетовий, обернено-яйцевидний, на верхівці виїмчастий; крила майже дорівнюють прапорцеві і значно довші за дуже зігнутий човник. Тичинок 10, з яких 9 зрослися, а одна – вільна (Коваленко, 2015б,в), 2018; NiNa.Az., 2023).

Цвіте у квітні-червні, плодоносить – у червні-серпні. У квітці спочатку дозрівають тичинки, потім маточка. Запилюється бджолами та джмелями. Самозапилення відсутнє. Дозрілі плоди розкриваються двома стулками, що скручуються, і насіння з силою викидається. Боби лінійні, 3,5-5 см завдовжки,

стиснуті, до верхівки звужені, голі, сітчасто-жилкуваті, стиглі – чорнуваті. Насінин у бобі 8-10, кулястих, гладеньких, іноді більш-менш строкатих; рубчик охоплює $\frac{1}{4}$ насінини. Насіння відрізняється низькою схожістю, їх часто ушкоджують комахи.

Насіння проростає підземно через 20-25 днів. До початку зими у проростка розвивається головний корінь і невеликий пагін з трьома — чотирма дрібними листочками; весь проросток прихований в шарі лісової підстилки. Після зимівлі пагін починає зростати, в цей час у підземній частині пагона налічується 2-3 вузла з лускоподібним листям, а в надземній – 3-4 складних перистих листка, що мають по одній парі листочків. Протягом літа збільшуються розміри головного і бічних коренів, з'являються додаткові корені. Після осипання плодів чина залишається зеленою до осені, причому вегетативні і генеративні пагони мало відрізняються один від одного. З настанням морозів пагін відмирає і залишається тільки його базальна частина з бруньками відновлення (Коваленко, 2015б,в), 2018; NiNa.Az., 2023).

Загальний ареал: Європа, Кавказ, Сибір. Росте в тінистих широколистяних, рідше – у сосново-широколистяних лісах. Чина досить тіньовитривала, але сильна затіненість пригнічує її, різко знижується відсоток генеративних пагонів. Вона не боїться шкідників, посухи та інших несприятливих факторів. *L. vernus* має наступну екологічну характеристику: тіньолюбива рослина, евтроф, мезофіт. Є індикатором свіжих та вологих ґрунтів (NiNa.Az., 2023; Краснов та ін., 2009).

L. vernus відзначається широким застосуванням не лише як кормова рослина (зокрема, її плоди є кормом диких птахів), а й як сировина для виготовлення лікарських препаратів. Результати хімічних досліджень засвідчили наявність у рослин роду *Lathyrus* L. кількох груп біологічно активних речовин, а саме: флавоноїдів, флобафонів, фітостеролу, жирних кислот, глікозидних сполук, кремнієвої кислоти, мінеральних солей, до складу яких входять сірка, хлор, кальцій, фосфор, натрій, магній, залізо і т.п. Її ліки використовується у народній медицині для лікування бронхітів, пневмоній, туберкульозу, шлунково-кишкового тракту, серцево-судинної системи, безсоння, інфекцій ротової порожнини, а також для загоєння ран як природний антисептик. Крім усього іншого, чина є медоносною рослиною і

активно застосовується у бджільництві (у нектарі міститься 53,9% цукру) (NiNa.Az., 2023; Краснов та ін., 2009; (Гродзінський, 1989).

Детальне вивчення хімічного складу *L. vernus*, наприклад, проводилися науковцями Харківського Національного фармацевтичного університету. Методом хроматографії була доведена наявність у *L. vernus* лютеоліну, кверцетину, рутину, афзеліну, ононіну, лютеолін-глюкозиду та кверцетин-рамнозиду. За допомогою колонкової та препаративної хроматографії вказані речовини були виділені із сировини, встановлена їх хімічна будова (Фуад та ін., 2003).

Популяційні дослідження *L. vernus* на теренах України та Німеччини донині не проводились.

Отже, результати аналізу літературних джерел об'єктивно свідчать, що ліси належать до провідних екосистем Землі як за зайнятою площею, так і за значенням. У наслідок протікання природних процесів, а також господарської діяльності людини, у них постійно відбуваються певні зміни. У сучасних умовах в лісах найбільш швидкі та чітко виражені трансформації зазвичай проявляються на тлі лісогосподарського користування. Часто вони супроводжуються знищенням екосистем або ж докорінним та незворотнім їх перетворенням при погіршенні кількісних та якісних характеристик. Від місцевого до глобального рівнів, усе більшої значущості набуває питання оптимізації системи лісокористування та впровадження систем менеджменту, які б забезпечували збереження біорізноманіття лісів, й, разом з тим, ефективне виконання ними екологічних та економічних функцій. Відповідно, є потреба не лише в інтеграції передового досвіду різних країн, який був набутий у цій царині, а й глибокого розуміння біолого-екологічних процесів, взаємодій, що є притаманними лісовим екосистемам. При цьому, пріоритетним є вивчення властивостей видів, які належать до числа провідних ценозоутворювачів. З урахуванням того, що реальною формою існування видів рослин є популяція, не втрачає актуальності проведення досліджень на популяційному рівні і, особливо, в регіонах, де вони раніш не здійснювались. До їхнього числа, зокрема, належить Федеральна земля Нижня Саксонія (Німеччина).

Матеріали розділу 1 висвітлено у 3 наукових публікаціях (Ярошенко, Скляр, 2023; Ярошенко, 2021; Yaroshenko, 2022).

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика регіону досліджень

Федеративна республіка Німеччина складається з 16 федеральних земель. Федеральна земля Нижня Саксонія займає площу у 47 тисяч км². Регіон межує із сімома землями Німеччини та Нідерландами. На північному заході земля має вихід до Північного моря, на південному сході знаходяться найвищі гори північної Німеччини - Гарц (нім. Harz) (BMEL, 2021) (рис. 2.1.). Загалом Нижня Саксонія вирізняється значною різноманітністю природних комплексів, важливою частиною яких є ліси. Понад 250000 га землі Нижня Саксонія вкрито лісами, з яких - понад 17000 га, або 1,5%, належать до природних лісів.



Рисунок 2.1. Нижня Саксонія на карті Німеччини
(за даними <http://surl.li/sduvx>)

На півдні Нижньої Саксонії, поруч з горами Harz, знаходиться регіон 8.2. Везер-Ляйнеберг (Weser-Leinebergland), у якому розташовується один із найбільших лісових масивів Нижньої Саксонії - Геттінгенський ліс (Göttinger Wald) (рис. 2.2.).

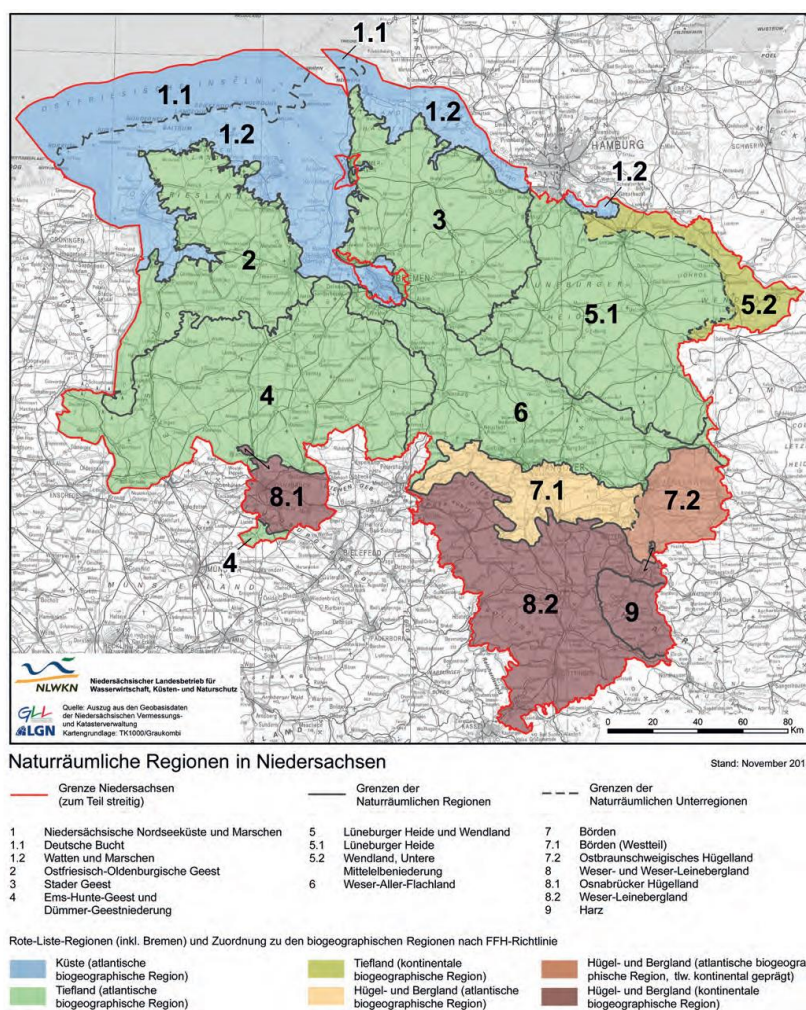


Рисунок 2.2. Weser-Leinebergland (регіон 8.2) на карті Нижньої Саксонії (за даними <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/54126>)

Геттінгенський ліс являє собою ландшафтну частину південної Нижньої Саксонії. Вона має природне середовище, яке характерне для горбистого та гірського регіону. Геттінгенський ліс знаходиться на схід від університетського міста Геттінген, безпосередньо на південь від лісу Нортен, на захід від Унтерейхсфельд і на північ від Рейнхаузенського лісу. Геттінгенський ліс з півночі, сходу та півдня півколом охоплює улоговину долини, у якій знаходяться села Ніколаусберг (Nikolausberg), Герберхаузен (Herberhausen) і Рорінген (Roringen). (BMEL, 2021) (рис. 2.3.).

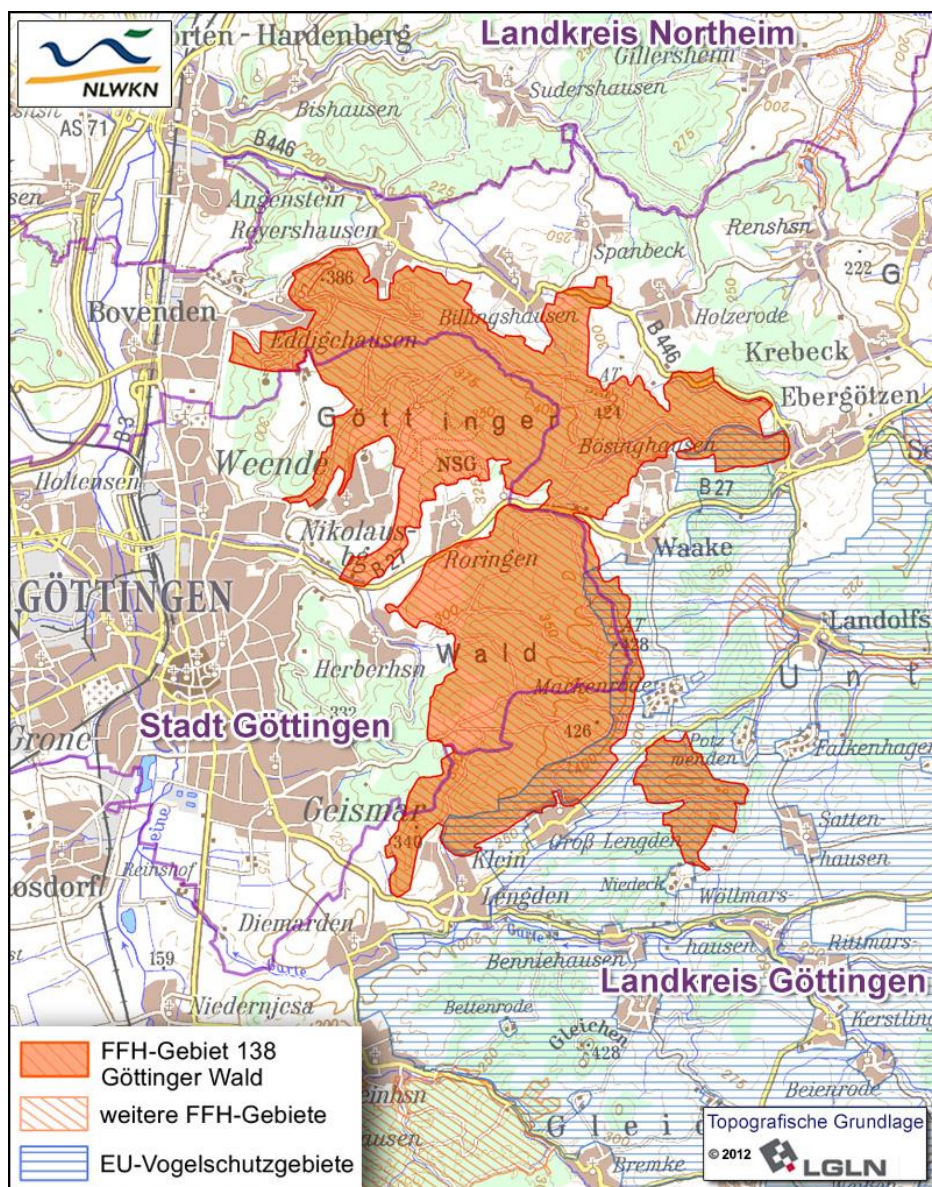


Рисунок 2.3. Геттінгенський ліс
(за даними <http://surl.li/twrs1>)

За східною межею Геттінгенського лісу розташоване село Бозінггаузен (Bosinghausen) (рис. 2.3.), в районі якого і проводилися наші дослідження (рис. 2.4.).

Територія «Göttinger Wald» охоплює значні частини однойменного хребта, який здебільшого складається з напівприродних листяних лісів і розташований у природній зоні Геттінген-Нортхаймерського лісу. Геттінгенський ліс обмежений крутими схилами з півночі, сходу та півдня. На заході він дещо знижується до западини Лейне-Ільме та круто спадає на сході, до басейну Айхсфельда.

За кілька кілометрів на північний схід знаходиться хребет Ротенберга, за яким розташовані гори Гарц. Всього на території Геттінгенського лісу налічується 20 гір і

височин, що мають значні висоти над рівнем моря: від гори Лукасберг (313 метрів) до піку Макенредер (427,5 метрів) (Derpe, Troe, 1956).

Через Геттінгенський ліс та навколо нього протікає багато річок та струмків, з яких основними є:

- Ахе, бере початок у північній частині Геттінгенського лісу, залишає його на сході, західна притока Зуле;
- Гарте, протікає через Геттінгенський ліс на півдні, західна притока Лейне;
 - Лейне, протікає на заході Геттінгенського лісу, південна притока Аллера;
 - Люттер, протікає по центру Геттінгенського лісу і залишає його на північному заході, є західною притокою Лейне;
 - Родебах, протікає на півночі Геттінгенського лісу, є західною притокою Лейне;
 - Зюле, бере початок у південно-східній частині Геттінгенського лісу, є південно-західною притокою Хале;
 - Weende, бере початок у західній частині Геттінгенського лісу, є західною притокою Лейне (NLWKN, 2000).

Геологія. Геологічна основа Геттінгенського лісу сформована з осадових порід тріасового періоду (ракушняк), які утворюють платоподібне підвищення. Внаслідок тектонічних рухів земної кори блоки розломів неодноразово зміщувалися один проти одного, аж до періоду плейстоцену, і сили зсуву утворювали різні тріщини. Свідками цієї тектоніки є, наприклад, грабен Херберхойзера та ущелина Клепера на Хайнбергу.

Поширені шари гірських тріасових порід, які різною мірою розмиті й частково заміщені пізньо-льодовиковими відкладеннями. Завдяки стокам і зсувам в улоговинах утворився лес, який зустрічається й на схилах. Збереглися частини лесового шару також на плато і місцями можна побачити лесову інфільтрацію (Gauer, Aldinger, 2005; Nagel, Wunderlich, 1976).

Плато складається з червоної пісковикової основи, на якій розміщуються хвилясті вапнякові шари черепашкового вапняку товщиною приблизно 100 м. Вони поділяються на шари ооліту, каменю, теребратули та пласти піновапняку. Глина і

комірчастий доломіт збереглися у вигляді невеликих западин, за якими йдуть твердіші прошарки верхнього черепашикового вапняку.

У лісі Гайсмар, наприклад, гіпсові включення у вапняку були вимиті, а шари вапняку верхнього черепашика обрушилися. Ці воронки здебільшого засипані, але над містечками Реєрсгаузен і Білінгсгаузен їх все ще добре видно.

На північному, східному та південному краях плато круто обривається до западини, сформованої із з червоного пісковика. Там, де вода збирається через пористий кам'янистий шар вапняку-черепашика, на глинистих шарах утворюються шарові джерела.

Отже, тектонічні та ерозійні сили створили ландшафт, у якому територія Геттінгенського лісу виділяється як природна одиниця іншого геологічного характеру завдяки помітному вапняковому масиву ракушняків (Nagel, Wunderlich, 1976; NLWKN, 2000).

Ґрунти. Відповідно до материнської породи, що більшою або меншою мірою перекрита лесовими шарами вапняку-черепашика, на значній частині Геттінгенського лісу переважають вапнякові і мергелісті вапнякові типи ґрунтів. На східній околиці на лесовмісних схилах зустрічаються також бурі лісові ґрунти. Рендзини (дерново-карбонатні ґрунти) різних характеристик утворилися на плато нижнього вапняку на півночі (Pleißforst, значні частини державного лісу Bovenden), на сході (значні частини міського лісу Геттінгена) і на верхньому вапняку на півдні (Гейсмарський ліс, Хайнберг). На плато, де нижні черепашкові вапняки вкриті лесом, утворюється дуже хороша основа із запасом поживних і біологічно активних речовин, а також зазвичай є сприятливий водний баланс.

На вершинах гір і схилах, які мають менший лесовий шар, утворилися мілководні рендзини. Тут також забезпеченість поживними речовинами можна оцінити як хорошу, або дуже хорошу. Однак опади дуже швидко просочуються крізь пористий вапняк, тому трапляються й досить сухі ділянки.

На височині Гайнберг материнською породою є цератитовий вапняк. При його вивітрюванні утворюється глинистий і водонепроникний ґрунт, який проявляє тенденцію до заболочування та частково має ознаки оглеєння. На цих мулистих і

глинистих землях утворилися численні калюжі і вологі галли, наприклад: Herberhäuser Pfuhl, Markhäuser Pfuhl і Lichte Meer у Hainholzhof. Глинистий мергель або лес також утворився на вищих висотах Геттінгенського міського лісу та на ділянках височин, де збереглися шари верхнього черепашкового вапняку.

Буроземні регозоли зустрічаються на крутих схилах в районі села Хюнштоллен (Hünstollen) на північно-східній околиці Геттінгенського лісу. На більш пологих схилах південно-східної частини лісу в районі червоних пісковиків утворилися глибокі пелосоли (слаборозвинені ґрунти на глинах).

Під Хопфенбергом, на всій території ущелини Біллінгсхьойзер, можна знайти буроземні парарендзини (ґрунти, які сформовані на пухких карбонатних породах, таких як морена, піски, глини тощо). На дні долини бувають дуже свіжі або короткочасно вологі, стійкі свіжі місця з помірним або хорошим запасом поживних речовин.

У невеликому масштабі мілкі та середньо глибокі, біологічно дуже активні ґрунти (особливо рендзина, темно-каштанові ґрунти та перехідні форми, такі як темно-каштаново-редзинові або редзино-темно-каштанові) чергуються з сухішими ділянками, які мають значний запас поживних речовин (Thöle, Meyer, 1979; Meiwes, Beese, 1988).

Отже, основа та поживні речовини ґрунтів залежать від материнської породи, яка на території Геттінгенського лісу в основному складається з вапняку-черепашнику (BMEL, 2021).

Клімат. Дані метеостанції в Геттінгені показують довгострокову середньорічну температуру $8,7^{\circ}\text{C}$ і середню річну кількість опадів 645 мм (за 1960-1990 роки). За цей самий період довгострокове середнє значення температури протягом вегетаційного періоду (травень-вересень) становило $15,1^{\circ}\text{C}$, а загальна кількість опадів - 314 мм. Станція знаходиться на висоті 167 м, що набагато нижче, ніж більшість ділянок Геттінгенського лісу. Зі збільшенням висоти слід очікувати як зниження середньої температури, так і, за певних обставин, збільшення кількості опадів. Робоча група з картографування території встановила діапазон середньорічної температури для району розташування Геттінгенського лісу – від $6,9^{\circ}\text{C}$ до $8,1^{\circ}\text{C}$, а діапазон річної

кількості опадів зі сходу на захід – 600 – 750 мм. Для плато ракушнякового вапняка середньорічна температура також становить 7°C, а середня річна кількість опадів (на відкритому повітрі) – 700 мм. Це відносно низька кількість опадів і порівняно високі середньорічні температури. Причина цього – розташування Геттінгенського лісу в дощовій тіні Золлінга та у потоці теплого повітря від Лайнеталю та Айхсфельду (BMEL, 2021).

Загалом клімат території Геттінгенського лісу характеризується як м'який, помірно вологий із субконтинентальним та слабко-континентальним впливом. Поява елементів субатлантичної флори вказує на ознаку ослабленого, але усе ще явного впливу океану.

Основний напрямок вітру – з південного заходу на захід. Вплив вітру та шторму у Геттінгенському лісі оцінюється як низький. Однак, у Геттінгенському лісі можливі пізні заморозки, що є фактором ризику (Ebrecht, 2005; Gauer, Aldinger, 2005).

Провідні ознаки біорізноманіття. У Геттінгенському лісі панують букові ліси різного віку: здебільшого від 50 до 190 років. Широко представлені монодомінантні угруповання, у яких ярус деревостану сформований виключно із бука звичайного (*Fagus sylvatica* L.). Масиви букових лісів природного походження здебільшого приурочені до свіжих лужних ґрунтів. На сухіших та тепліших ділянках зростають орхідейно-букові ліси, із значною репрезентованістю видів раритетного фіторізноманіття.

У Геттінгенському лісі провідними лісоутворювачами також є липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.), липа широколиста (*Tilia platyphyllos*), дуб (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.; *Quercus robur* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), клен (*Acer platanoides* L.; *Acer pseudoplatanus* L.), ясен (*Fraxinus excelsior* L.), в'яз (*Ulmus glabra* Huns.), береза (*Betula pendula* Roth.), вишня (*Prunus cerasus* L.).

У Геттінгенському лісі, окрім букових лісів, до числа найбільш поширених належать кленово-букові (із співдомінуванням *Acer platanoides* або *Acer pseudoplatanus*), ясеневобукові (із співдомінуванням *Fraxinus excelsior*), а також липово-букові (із співдомінуванням *Tilia cordata* або *Tilia platyphyllos*) ценози.

Ближче до населених пунктів зустрічаються невеличкі ділянки дубово-грабових лісових екосистем.

У широколистяних лісах у формуванні ярусу підліску беруть участь горобина (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz; *Sorbus aucuparia* L.), глід (*Crataegus laevigata* Poir. DC.), малина (*Rubus idaeus* L.), вовчі ягоди (*Daphne mezereum* L.), клен польовий (*Acer campestre* L.).

Трав'яний ярус типового свіжого вапнякового букового лісу багатий видами (в середньому 22 види/400 м²) і характеризується широкою репрезентованістю геофітів (*Allium ursinum* L., *Anemone nemorosa* (L.) Holub, *Anemone ranunculoides* L. та інших). У низці лісових фітоценозів проявляється тенденція до зростання покриття цибулі ведмежої (*Allium ursinum* L.) і переліски багаторічної (*Mercurialis perennis* L.), при цьому видова різноманітність ярусу трав зменшується. Протягом останніх 30-40 років у межах Геттінгенського лісу відбулося поширення *A. nemorosa*, яке спричинене зменшенням випасу оленів (Schmidt, 2005).

Окрім листяних лісів трапляються й фрагменти мішаних лісів, здебільшого із ялиною європейською (*Picea abies* L.) і модриною європейською (*Larix decidua* Mill.). Поодинокі зустрічається місцевий вид хвойних порід - це тис звичайний (*Taxus baccata* L.).

У межах Геттінгенського лісу впроваджувались й лісогосподарські заходи, спрямовані на корегування видового складу лісів, а також штучне лісовідновлення. Зокрема, дуб (*Quercus* sp.) штучно вводили в лісонасадження ще в XIV столітті для виробництва дубильних речовин і через цінність жолудів для годівлі худоби. Частка хвойних лісоутворювальних видів, таких як ялина (*P. abies*) та мори́на (*L. decidua*), надзвичайно зросла в ході лісонасаджень у XIX і XX століттях. Зрідка робилися також спроби окультурювання псевдотсу́ги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) і ялиці велетенської (*Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl.). Крім того, наприкінці XIX століття в системі лісовідновлення була штучно запроваджена вільха сіра (*Alnus incana* (L.) Moench), яка була деревною породою передгір'я.

Загалом у межах Геттінгенського лісу у ярусі трав значно поширені рослини-індикатори вапнякових ґрунтів (*Asarum europaeum*, *Crataegus laevigata*, *Daphne*

mezereum, *Hepatica nobilis* Mill., *Lathyrus vernus*, *Stellaria holostea*, *Ranunculus auricomus* L. та ін.), а також рослини-індикатори перезволожених місцезростань (*Circaea lutetiana* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv., *Stachys sylvatica* L.). Видовий склад фітоценозів Геттінгенського лісу також чітко змінюється й залежно від висоти над рівнем моря. Наприклад, перехід до гірської стадії супроводжується одночасною появою на низьких висотах *Hedera helix* L., *A. europaeum*, *L. vernus*, *Pulmonaria officinalis* L., *S. holostea*, і на більших висотах - *Cardamine bulbifera* (L.) Crantz, *Polygonatum verticillatum* (L.) All., *Senecio ovatus* Willd. (Winterhoff, 1963; Dierschke, 1989a, 1989b, 2006).

Геттінгенському лісу притаманна й досить багата фауна, у складі якої є й види, які репрезентують раритетне біорізноманіття. Зокрема, тут мешкає підковик великий (*Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber)), тритон гребінчастий (*Triturus cristatus* (Laurenti)), кіт лісовий (*Felis silvestris* (Schreber)), ящірка прудка (*Lacerta agilis* (Linnaeus)) (Dierschke, 2006).

Отже, проведений аналіз стану природних комплексів Геттінгенського лісу засвідчує їхню своєрідність, яка, насамперед, обумовлюється поширенням вапнякових ґрунтів на лесових шарах вапняку-черепашника. При цьому, провідними ознаками ярусу трав лісового масиву, зокрема, є: значне видове різноманіття, яке варіює на тлі зміни еколого-ценотичних умов місцезростань; широка представленість видів із індикаторними властивостями. Разом з тим, детальне вивчення функціонування популяцій провідних ценозоутворюючих видів Геттінгенського лісу до цього часу не здійснювалось і, відповідно, система еколого-ценотичних взаємодій у даному лісовому масиві не є остаточно з'ясованою. Зазначене ще раз засвідчує актуальність проведення комплексного популяційного аналізу для таких важливих та типових представників трав'яного ярусу екосистем Геттінгенського лісу як *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus*.

2.2 Об'єкти та методи досліджень

Дослідження за темою дисертації були проведені протягом 2021-2023 рр. Як вже було відзначено у попередньому підрозділі, Геттінгенський ліс являє собою комплекс екосистем, які відрізняються між собою за видовим складом, віком, походженням, впроваджуваними лісогосподарськими заходами тощо. Нашим дослідженням було охоплено дев'ять екосистем (рис. 2.4, табл. 2.1), яким відповідають дев'ять фітоценозів букових лісів. Вони є типовими для Геттінгенського лісу не лише за складом та структурою, а й за віковими характеристиками деревостанів, природними умовами місцезнаходження. Нумерація екосистем, яка представлена у таблиці 2.1, використана в дисертації як базова при представленні інформації за результатами популяційних досліджень за усіма трьома видами рослин: *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus*.

Екосистеми, які охоплені вивченням, мають значну цінність в аспекті надання екосистемних послуг як регіонального, так і планетарного рівнів. При цьому вони мають відмінності в аспекті залучення до системи лісокористування:

- в екосистемах №1 і №2 реалізується увесь комплекс заходів із ведення лісового господарства, у т. ч. заготівля деревини. Проте, лісозаготівля проводиться виключно із запровадженням добровільно-вибіркових рубок головного користування, які не лише найменш негативно впливають на лісові екосистеми, а ще й дають можливість підвищити продуктивність лісу на 20–30%;

- в екосистемах №№3-6 та №8 започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент. В цих екосистемах впроваджується постійне екологічне спрямування стратегій догляду, прорідження та лісогосподарське використання лісу. Забезпечуються множинні функції лісу з оптимальним виконанням консерваційних та рекреаційних завдань у зв'язку із сталим виробництвом та використанням цінного дерева;

- екосистеми №7 і №9 репрезентують праліс. У них в рамках «природного лісівництва» втілюється в життя відмова від рубок, переважання природного відновлення лісів, підвищення біорізноманіття за рахунок мертвої деревини. У цих екосистемах запроваджено природоохоронний режим з метою підтримки реалізації природних сукцесій.

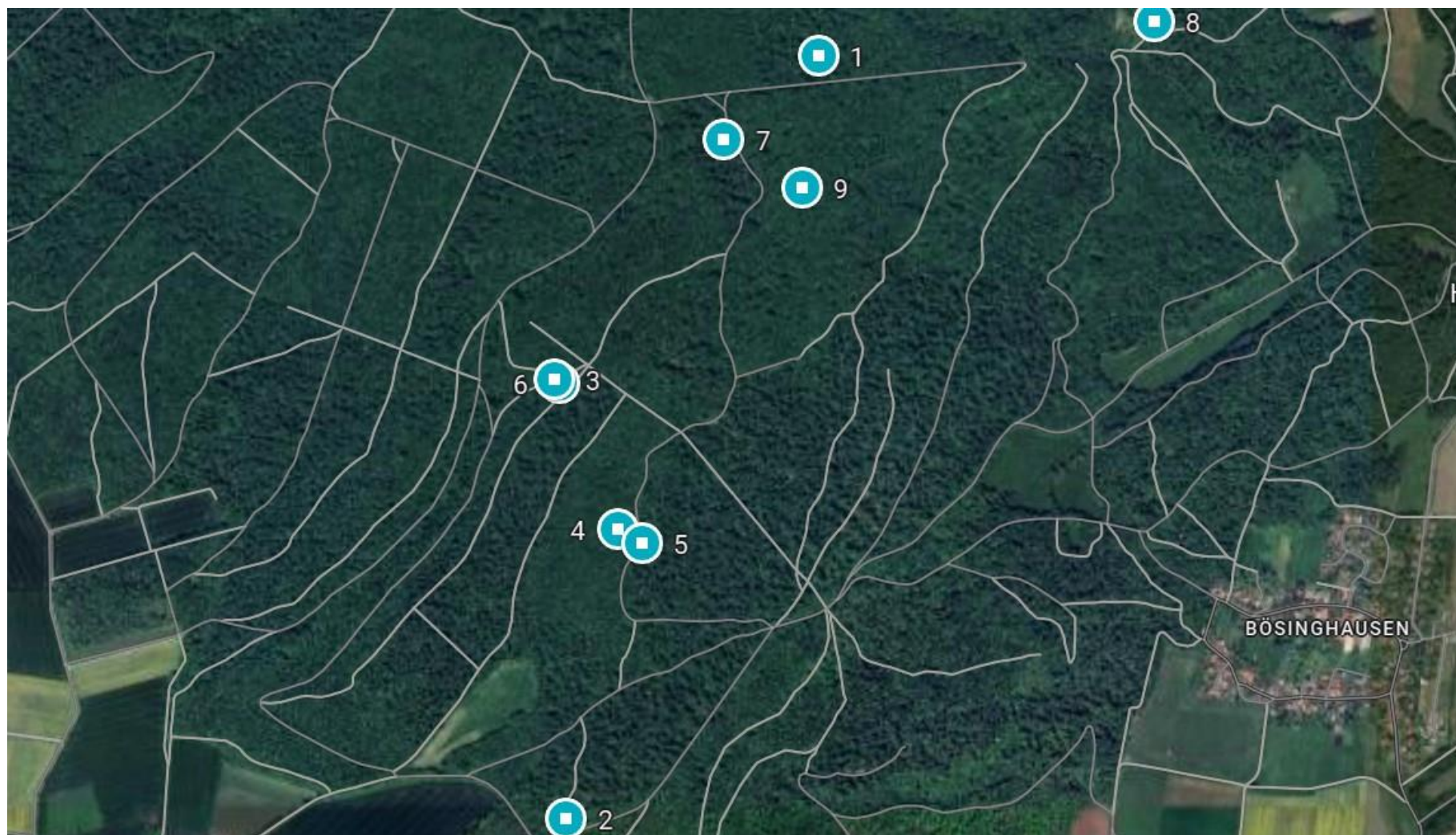


Рисунок 2.4. Екосистеми (№1-9) Геттінгенського лісу,
які охоплені вивченням (нумерація на рисунку відповідає табл. 2.1)
(за даними авторки)

Таблиця 2.1.

Досліджувані екосистеми Геттінгенського лісу

№ еко-системи	Площа (га)	Середній вік деревостану (років) та його належність до вікової групи	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Раритетне фіторізноманіття	Тваринний світ (типіві представники)	Схил	Лісогосподарське використання	Досліджувані види рослин
1	8,1	55 (середньо-віковий)	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> - <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i> , <i>Pyrus pyraster</i> , <i>Stachys alpina</i> , <i>Lilium martagon</i>	<i>Dryobates minor</i> , <i>Dryocopus martius</i>	Схил південної експозиції, вапнякові ґрунти з домішкою лесу, висота від 351 до 400 м над рівнем моря	Здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини	<i>Asarum europaeum</i> L., <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.
2	8,1	55 (середньо-віковий)	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> - <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i> , <i>Pyrus pyraster</i> , <i>Stachys alpina</i> , <i>Lilium martagon</i>	<i>Dryobates minor</i> , <i>Dryocopus martius</i>	Схил південної експозиції, вапнякові ґрунти з домішкою лесу, висота від 351 до 400 м над рівнем моря	Здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини	<i>Asarum europaeum</i> L., <i>Stellaria holostea</i> L.
3	19,0	99 (стиглий)	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> - <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i> , <i>Lilium martagon</i> , <i>Epipactis muelleri</i>	<i>Dendrocopos medius</i> , <i>Dendrocopos elachus</i> , <i>Triturus cristatus</i>	Схил північної експозиції, вапнякові суглинкові ґрунти з домішкою лесу, висота від 351 до 400 м над рівнем моря	Запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент	<i>Asarum europaeum</i> L., <i>Stellaria holostea</i> L., <i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.

Прод. табл. 2.1.

№ еко-системи	Площа (га)	Середній вік деревостану (років) та його належність до вікової групи	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Раритетне фіторізноманіття	Тваринний світ (типові представники)	Схил	Лісогосподарське використання	Досліджувані види рослин
4	13,7	107 (перестійний)	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	<i>Lilium martagon</i>	<i>Dendrocopos medius</i> , <i>Dendropicos elachus</i>	Схил північної експозиції, вапнякові глинисті ґрунти, висота від 301 до 350 м над рівнем моря	Запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент	<i>Stellaria holostea</i> , <i>Lathyrus vernus</i>
5	12,8	118 (перестійний)	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> - <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	<i>Aconitum lycoctonum</i> , <i>Stachys alpina</i> , <i>Lilium martagon</i> , <i>Aquilegia vulgaris</i>	<i>Dendrocopos major</i> , <i>Picus viridis</i> , <i>Triturus cristatus</i>	Схил північної експозиції, вапнякові суглинкові ґрунти з домішкою лесу, висота від 301 до 350 м над рівнем моря	Запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент	<i>Asarum europaeum</i> , <i>Stellaria holostea</i> , <i>Lathyrus vernus</i>
6	13,5	133 (перестійний)	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i> , <i>Stachys alpina</i>	<i>Dendrocopos major</i> , <i>Picus viridis</i>	Схил південної експозиції, вапнякові ґрунти з домішкою лесу, висота від 351 до 400 м над рівнем моря	Запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент	<i>Asarum europaeum</i> , <i>Lathyrus vernus</i>

Прод. табл. 2.1.

№ еко-системи	Площа (га)	Середній вік деревостану (років) та його належність до вікової групи	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Раритетне фіторізноманіття	Тваринний світ (типові представники)	Схил	Лісогосподарське використання	Досліджувані види рослин
7*	23,6	148	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i>	<i>Lilium martagon</i> , <i>Aconitum lycoctonum</i> , <i>Stachys alpina</i>	<i>Felis silvestris</i> <i>Milvus milvus</i> , <i>Eremias arguta</i> ,	Схил південної експозиції, вапнякові ґрунти з домішкою лесу, висота від 351 до 400 м над рівнем моря	Запроваджено природоохоронний режим	<i>Asarum europaeum</i>
8	11,3	152 (перестійний)	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> - <i>Stellaria holostea</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i> + <i>Viola hirta</i>	<i>Aquilegia vulgaris</i> , <i>Lilium martagon</i> , <i>Aconitum lycoctonum</i> , <i>Stachys alpina</i>	<i>Dendrocopos major</i> , <i>Picus viridis</i>	Дуже пологий схил, широка гряда, вапнякові суглинкові ґрунти з домішкою лесу, висота від 351 до 400 м над рівнем моря	Запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент	<i>Stellaria holostea</i>
9*	3,0	156; 180	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	<i>Lilium martagon</i> , <i>Aquilegia vulgaris</i>	<i>Felis silvestris</i> <i>Milvus milvus</i> , <i>Eremias arguta</i> ,	Схил південної експозиції, вапнякові суглинкові ґрунти з домішкою лесу, висота від 401 до 450 м над рівнем моря	Запроваджено природоохоронний режим	<i>Asarum europaeum</i> , <i>Stellaria holostea</i> , <i>Lathyrus vernus</i>

Примітка: * позначено екосистеми пралісів

П'ять досліджуваних екосистем з дев'яти (№№1, 2, 6,7, 9) знаходяться на сонячному схилі (схилі південної експозиції), три лісові екосистеми (№№ 3, 4 і 5) розташовані на тіньовому схилі (схилі північної експозиції), екосистема перестійного лісу №8 сформувалася на дуже пологому схилі.

Усі екосистеми лісу знаходяться на різній висоті над рівнем моря: №4 і №5 – на висоті від 301 до 350 м, екосистеми середньостиглого лісу №№ 1, 2, екосистеми №№ 3, 6, 8 та пралісу №7 - на висоті від 351 до 400 м, екосистема пралісу №9 – на висоті від 401 до 450 м над рівнем моря. Усі досліджувані екосистеми сформувалися на вапнякових ґрунтах з домішкою лесу, які добре забезпечені поживними речовинами.

Комплексним популяційним аналізом було охоплено сім популяцій *A. europaeum*, та по шість популяцій *S. holostea* й *L. vernus*. З метою встановлення складу та структури фітоценозів, у яких вивчався стан популяцій *A.europaeum*, *S.holostea* та *L.vernus*, в них проводились геоботанічні описи відповідно до загальноприйнятих вимог (Korchanin et al., 1964; Якубенко, Попович, Устименко, Дубина, Чурілов, 2018). Правильність визначення видів рослин, які були зареєстровані в досліджених екосистемах та наведені у тексті дисертації, перевірена на кафедрі ботаніки університету Касселя.

Складовими комплексного популяційного аналізу *A.europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* виступали дослідження із оцінки стану популяційних полів (встановлення їхньої площі, популяційної щільності та просторового розміщення рослин). Для обчислення площі популяційного поля спочатку візуально знаходився зовнішній кордон популяції за розташуванням крайніх особин. Після цього контур та площа популяційного поля остаточно визначалися із застосуванням електронної лінійки Nikon Forestry Pro II (Додаток Б).

З метою визначення величин популяційної щільності у рамках популяційного поля у випадковому порядку розташовували 30-50 облікових ділянок розміром 0,25 м². На них підраховувалася загальна кількість рослин досліджуваних видів. На основі цих розрахунків і визначались показники популяційної щільності, а саме кількість рослин на 1 м².

A. europaeum, *S. holostea*, *L. vernus* є видами, які активно реалізують вегетативне розмноження. У їхніх популяціях широко представлені рамети (рослини, які сформовані за результатами вегетативного розмноження). У зв'язку із тим, що, як і відзначав у своїх працях Ю.А. Злобін (Злобін, 2009), у польових умовах практично неможливо розрізнити, яка рослина є результатом проростання насіння, тобто є безпосередньо генетом, а яка результатом вегетативного розмноження та розростання генет, тобто раметом, - усі особини *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* визнавалися рівноправними і виступали як окремі рахункові одиниці. Спеціальні генетичні методи для встановлення ідентичності геномів конкретних раметів, і тим самим визначення їхньої приналежності до того чи іншого генета, не проводилися.

Результати обліків рослин на ділянках 0,25 м² було використано й для визначення характеру розміщення рослин. При цьому здійснювалися розрахунки із встановленням відношення дисперсії до середньої кількості особин на конкретній площі (δ^2 / \bar{x}). Відповідно до визначених підходів (Царик, 2004), якщо дане співвідношення близьке до одиниці, то розміщення рослин оцінювалось як випадкове; якщо більше одиниці – плямисте (групове); якщо менше одиниці – рівномірне.

В системі комплексного популяційного аналізу було детально вивчено структуру популяцій (онтогенетичну, розмірну та віталітетну).

Аналіз онтогенетичної структури популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* здійснювався відповідно до загальноприйнятих підходів (Zlobin et al., 2008). При цьому, у процесі обстеження рослин на облікових ділянках площею 0,25 м², визначалась їхня належність до певного онтогенетичного стану (Додаток В): р – проростки, j – ювенільні рослини, im – іматурні, v – віргінільні, g¹ – молоді генеративні, g² – середні генеративні, g³ – старі генеративні, ss – субсенільні, s – сенільні особини (Zlobin, 1989) та враховувалась кількість рослин кожного онтогенетичного стану. За результатами узагальнення цих даних для кожної популяції були сформовані онтогенетичні спектри.

У процесі подальшого аналізу було оцінено повноту онтогенетичних спектрів (наявність чи відсутність рослин окремих онтогенетичних станів), а також переважання тих чи інших особин: догенеративних (лівосторонній онтогенетичний спектр); генеративних (центрований спектр); субсенільних та сенільних (правосторонній спектр); двох пікових значень рослин зазвичай у передгенеративній і сенільній частинах спектру (бімодальний спектр) (Злобін, Скляр, Клименко, 2022).

Для інтегральної оцінки онтогенетичного стану популяцій досліджуваних видів використовувалися онтогенетичні індекси І.М. Коваленка: індекс відновлювання та індекс старіння популяцій, а також індекс загальної віковості (як відношення індексу старіння до індексу відновлювання). Для порівняльної оцінки рівня генеративності особин був використаний індекс генеративності популяцій, який вказує на частку рослин, що знаходяться в генеративному стані (Коваленко, 2005).

Було визначено онтогенетичні індекси, які були запропоновані Л.О. Жуковою (Жукова, 1987) та М. В. Глотовим (Глотов, 1998): індекс відновлюваності, індекс старіння та індекс заміщення. Також було розраховано індекс віковості (Δ) О. О. Уранова (Уранов, 1975) та індекс ефективності (ω) Л.А. Животовського (Животовський, 2001).

Належність кожної популяції до певної категорії визначалась відповідно до класифікації Т.О. Работнова: інвазійна – популяція, у складі якої переважають догенеративні особини; нормальна – у складі популяції найбільшу частку складають генеративні рослини, регресивна – переважають постгенеративні особини (Работнов, 1950а, 1950б).

За класифікацією Л.О. Жукової визначалась належність популяцій до одного з двох типів – нормальна (індекс віковості Δ від 0,05 до 0,90), або регресивна (Δ 0,90 і більше) (Жукова, 1987).

За даними індексів віковості Δ та індексів ефективності ω було встановлено типи популяції за Л.А.Животовським: молоді: $\Delta < 0,35$, $\omega < 0,60$;

перехідні: Δ 0,35–0,54, $\omega < 0,70$; зріючі: $\Delta < 0,35$, $\omega > 0,60$; зрілі: Δ 0,35–0,54, $\omega > 0,70$; старіючі: $\Delta > 0,55$, $\omega > 0,60$; старі: $\Delta > 0,55$, $\omega < 0,60$ (Животовський, 2001).

Розрахунок онтогенетичних індексів та визначення типу популяцій проводився за допомогою спеціальної комп'ютерної програми Ю.А. Злобіна ANONS (Злобін, 2012).

Для оцінки розмірних показників рослин та популяцій в досліджуваних екосистемах відбиралося по 30-40 рослин досліджуваних видів, що знаходилися в однаковому онтогенетичному стані (на стадії середньо-генеративних рослин g^2), та проводився їх повний морфометричний аналіз. Він включав визначення шістнадцяти статистичних метричних та алометричних морфопараметрів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Морфопараметри, які оцінювались у рослин досліджуваних видів

№ пп	Найменування параметру	Умовне позначення та розрахункова формула	Розмірність
<i>Статичні метричні морфопараметри</i>			
1	Загальна фітомаса рослини	W	г
2	Фітомаса листків	Wl	г
3	Висота рослини (або довжина стебла)	h	см
4	Фітомаса генеративних органів	Wg	г
5	Кількість листків	Nl	шт
6	Кількість квіток	Nfl	шт
7	Площа листкової поверхні	A	см ²
8	Середня площа окремого листка	al	см ²
9	Діаметр стебла	d	см
<i>Статичні алометричні морфопараметри</i>			
10	Площа листків на одиницю фітомаси	LAR = A / W	см ² /г
11	Фотосинтетичне зусилля	LWR = Wl / W	г/г
12	Відносний приріст	hWR = h / W	см/г
13	Відношення листкової поверхні до діаметра стебла	AdR = A / d	см ² /мм
14	Співвідношення між висотою рослини та діаметром стебла	hdR = h / d	см/см
15	Репродуктивне зусилля 1	RE1 = (Wg / W) × 100	%
16	Репродуктивне зусилля 2	RE2 = (Wg / A) × 100	%

Результати морфометричного аналізу були перевірені на відповідність нормальному статистичному розподілу (рис. 2.5). При цьому, всі облікові значення, які відхилялися від нормального розподілу, були вилучені із вибірки.

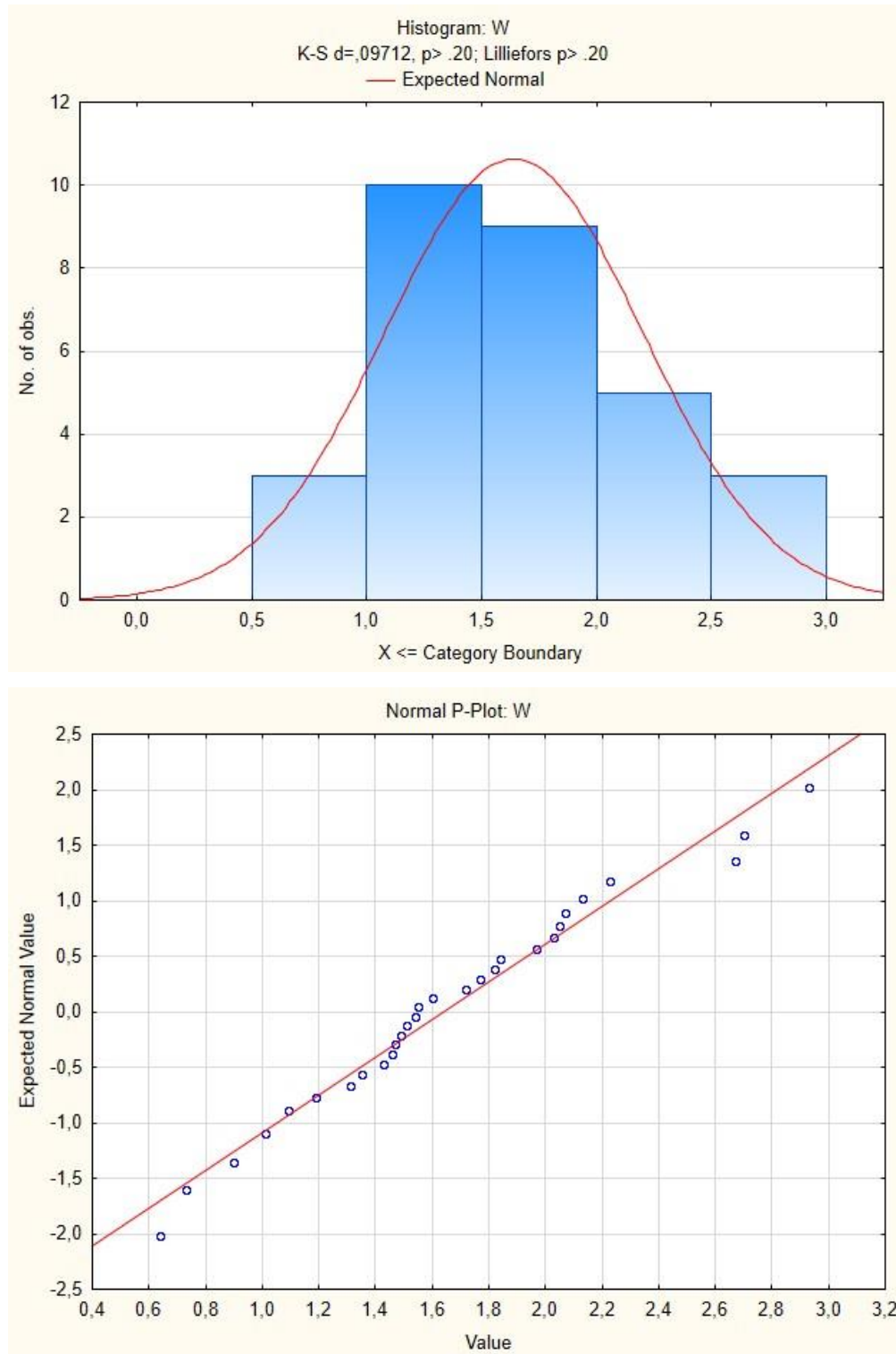


Рисунок 2.5. Результати перевірки на відповідність нормальному статистичному розподілу значень загальної фітомаси рослин однієї із популяцій *Asarum europaeum*

На основі результатів морфометричного аналізу насамперед було визначено характерні та особливі ознаки габітусу й морфоструктури рослин *A.europaeum*, *S.holostea* і *L.vernus* у популяціях із різних екосистем. Окрім того, за методикою, яка була запропонована та апробована В.Г. Скляр (Скляр, 2012), було проведено кількісну оцінку пластичності (рівня міжпопуляційного варіювання) та мінливості (рівня внутрішньопопуляційного варіювання) морфоознак. Відповідно до визначеної методики, у процесі досліджень розраховувались значення розмаху варіювання морфопараметрів та їх коефіцієнту варіації. При цьому, при оцінці ступеня варіювання спирались на наступну градацію коефіцієнтів варіації (Царенко, Злобін, Скляр, Панченко, 2000):

- від 0 до 10% - незначне варіювання;
- від 10 до 20% - невелике варіювання;
- від 20 до 40% - середній рівень варіювання;
- від 40 до 60% - велике варіювання;
- від 60 і більше - дуже велике варіювання.

Задля отримання детальної інформації про розмірні ознаки популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* і *L. vernus* було здійснено вивчення їхньої розмірної структури. При цьому було застосовано оригінальний (власний) підхід, який спочатку включав оцінку розмірної структури з опорою на значення одного морфопараметру, а потім – двох. Морфопараметри, з опорою на які проводилося таке дослідження, визначались за результатами факторного аналізу: обирались розмірні показники, які проявляли найбільші факторні навантаження.

На першому етапі аналізу значення одного морфопараметру диференціювались на розмірні класи (зазвичай на п'ять). Потім встановлювався характер розподілу рослин за цими розмірними класами. Результати такої оцінки ілюструвались за допомогою стовпчастих діаграм.

Отримані дані про розмірні спектри популяцій узагальнювались на основі врахування наступних ознак:

1. Повноти спектрів. За умови, що у спектрі репрезентовано рослини усіх виділених класів – він характеризувався як повний; якщо у складі спектра були відсутні рослини тих чи інших класів – як неповний.
2. Кількісної величини ступеня повноти спектрів. Вона визначалась як частка (у %) класів, які були виявлені у розмірному спектрі конкретної популяції, від загальної частки виділених (базових) класів. Повним розмірним спектрам відповідають значення цієї характеристики на рівні 100%, а неповним – менші за 100%.
3. Характеру представленості рослин розмірних класів у спектрі. За умови, що спектр сформований із послідовного розташування класів – він характеризувався як континуальний; якщо розташування класів було не послідовним (переривчастим) – то спектр характеризувався як дискретний.
4. Симетричності спектрів. При переважанні у складі спектра рослин менших розмірних класів він оцінювався як лівосторонній; при переважанні рослин більших класів – як правосторонній. За умови, що у спектрі більшою мірою репрезентовано рослини, показники яких відповідають «середнім» розмірним класам – як центрований.

Як вже зазначалось, на наступному етапі аналіз розмірної структури популяцій здійснювався з опорою на значення двох морфопараметрів. Розмірні величини кожного із них також диференціювались на п'ять розмірних класів і встановлювався характер розподілу рослин за розмірними класами вже двох морфопараметрів. Результати такої оцінки ілюструвались за допомогою стовпчастих діаграм. У подальшому отримані дані про розмірні спектри популяцій за двома морфоознаками, як і при використанні однієї ознаки, узагальнювались на основі врахування наступних характеристик: 1. Повнота спектрів; 2. Кількісна величина ступеня повноти спектрів; 3. Характер представленості рослин розмірних класів у спектрі; 4. Симетричність спектрів.

На завершальному етапі таких досліджень здійснювалось порівняння та аналіз результатів вивчення розмірних спектрів популяцій, що були отримані на основі даних за одним морфопараметром та двома. Описана методика

вивчення розмірної структури популяції була доповнена визначенням величин індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) за В.Г. Скляр (Скляр, 2015). Для простішого визначення та підрахунку кількості співпадінь розмірних класів двох морфопараметрів була використана допоміжна таблиця з присвоєнням окремого кольору кожному з 5 класів (Додаток Д).

Встановлення віталітетної структури популяцій *A. europaeum*, *S. holostea*, *L. vernus* здійснювалось відповідно до алгоритму, який був розроблений Ю.А. Злобіним (Злобін, Скляр, Клименко, 2022), із застосуванням некомерційної програми VITAL (Zlobin, 2012). Відповідно до методики віталітетного аналізу, визначення ключових морфопараметрів, які є індикаторами рівня життєвості рослин досліджуваних видів, супроводжувалось використанням точкового, кореляційного та факторного аналізу (Додатки Е, Ж, З, И, К).

Виконання дисертаційної роботи супроводжувались оцінкою в досліджуваних екосистемах величин провідних еколого-ценотичних чинників. Встановлення показників абіотичних екочинників здійснювалось при використанні лабораторної бази університету Касселя (Німеччина) (Yaroshenko, Skliar, 2022). Облік статичних метричних показників рослин проводився з використанням розкладної лінійки та високоточних ваг моделі Sartorius. Площа листової поверхні визначалася за допомогою програми LeafByte. Кислотність ґрунту визначалася за допомогою автоматичного приладу Brinkmann Metrohm 605 PH-Meter. Освітленість ділянок лісу встановлювалась цифровим люксометром PeakTech5025. Вміст у ґрунті органічних речовин встановлювалась за методикою Кассельського університету. Аналіз зразків ґрунту для визначення його вологості здійснювався з використанням сушильної шафи Thermo Scientific OMN400 (Додаток Б). У підсумку, за результатами польових та лабораторних досліджень для екосистем, які були охоплені вивченням, були встановлені показники провідних абіотичних екочинників (таблиця 2.3.).

Таблиця 2.3.

Величини провідних абіотичних екоцифр

№ екосистеми	Освітленість, Лк	Вологість ґрунту, %	Кислотність (рН) ґрунту	Вміст органічної речовини у ґрунті, %
1	30409	44,13	7,03	32,7
2	982	43,78	6,50	28,6
3	671	36,99	5,55	17,9
4	767	31,90	7,73	19,5
5	2903	37,55	5,08	19,8
6	8778	38,57	6,91	24,0
7*	1079	45,31	7,23	37,9
8	414	29,02	7,75	18,3
9*	2959	42,41	6,77	28,4

В умовах пралісової екосистеми №7 віком 148 років зареєстровано найвищу вологість ґрунту (45,31%), найбільший вміст органічної речовини у ґрунті (37,9%) та одне із найвищих значень рН ґрунту (7,23 рН). Загалом у лісах старших вікових категорій освітленість була нижчою, ніж в лісах віком 55 років у 6,3 рази, вологість - на 14,9%, кислотність ґрунту – на 0,7%, вміст органічних речовин у ґрунті – на 22,7%.

Проведені дослідження дозволили не лише отримати детальну інформацію про параметри еколого-ценотичних чинників в екосистемах, які були охоплені вивченням, а й застосувати алгоритм прямого градієнтного аналізу (Злобін, Скляр, Клименко, 2022). Зокрема, екосистеми, у яких зростали досліджувані популяції *A. europaeum*, *S. holostea* і *L. vernus*, чітко репрезентували градієнт вікових показників лісу (Розділи 3, 4, 5).

Для оцінки статистичної достовірності даних, які були отримані під час підготовки дисертації, та їхнього узагальнення широко застосовували математико-статистичні методи (насамперед: дисперсійний, кореляційний, регресійний, факторний аналізи) при використанні статистичних комп'ютерних пакетів STATISTICA та SPSS.

Отже, Геттінгенський ліс, репрезентуючи типові для півдня Нижньої Саксонії природні комплекси, є важливим осередком біорізноманіття різних

рівнів організації. У його структурі важливу роль відграють екосистеми, у складі яких провідним лісоутворюючим видом є *F. sylvatica*. На рівні ярусу трав ценозотворюючими видами, зокрема, виступають *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus*, які й були охоплені поглибленим дослідженням. Задля оцінки стану та характеру функціонування популяцій цих видів, визначення параметрів їхніх місцезростань, була використана сукупність методів: геоботанічних, популяційних, математико-статистичних. Інформація щодо популяцій була деталізована на основі методології комплексного популяційного аналізу, а з'ясування їхніх еколого-ценотичних взаємодій базувалось, насамперед, на використанні засад прямого градієнтного аналізу.

Матеріали Розділу 2 висвітлено у 1 науковій публікації (Yaroshenko, Skliar, 2022).

РОЗДІЛ 3

СТАН, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ *ASARUM EUROPAEUM* У ГЕТТІНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ

3.1. Стан популяційних полів *Asarum europaeum*

Результати вивчення провідних ознак популяційних полів *Asarum europaeum* наведено у таблиці 3.1. Вони свідчать, що значення площі популяційного поля та популяційної щільності у досліджуваних популяцій варіюють у досить значних межах: від 89,0 до 360,0 м² та від 4,4 до 42,2 шт./м², відповідно.

Популяції, які зростали під наметом кленово-букових лісів, вирізнялись вищими показниками площі популяційного поля (267-360 м²) (рис. 3.1.), а найбільші показники популяційної щільності (на рівні 22,7-42,2 шт./м²) зареєстровано в екосистемах, де домінантом ярусу деревостану є *Fagus sylvatica* L., а співдомінантом – *Acer pseudoplatanus* L. Досить високі значення популяційної щільності (у межах 15,1 – 28,7 шт./м²) зареєстровано й під наметом монодомінантних букових лісів (рис. 3.2.).

Мінімальні значення площі популяційного поля та популяційної щільності припадають на угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*–*Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*, а найбільші – на угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*–*Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*. Обидва вони репрезентують групу стиглих та перестійних лісів, у межах яких реалізується лісогосподарський екологічний менеджмент. Середньовікові ліси, які включені в систему лісогосподарського користування, та праліси між собою виявились більш подібними за цими показниками: у них показники площі популяційного поля, відповідно, становлять 267–356 м² та 220–222 м², а популяційної щільності - 16,9–22,7 та 15,1–28,7 шт./м².

Таблиця 3.1.

Характеристики популяційних полів *Asarum europaeum* у різних лісових екосистемах

№ екосистеми ¹	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану, років та вікова група	Розмір популяційного поля, м ²	Популяційна щільність, шт./м ²	Просторова структура	
					відношення δ^2 / \bar{x}^-	розміщення
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55 (середньовіковий)	356	16,9±3,18	2,54	групове
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	55 (середньовіковий)	267	22,7±6,60	7,19	групове
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	89	4,4±2,94	7,03	групове
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	360	42,2±11,12	12,52	групове
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	133 (перестійний)	270	16,9±5,53	3,13	групове
7 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i>	148	222	28,7±11,22	13,64	групове
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	220	15,1±6,14	5,06	групове

Примітка: Тут і далі дисертації в таблицях позначено: ⁺ екосистеми, у межах яких реалізується увесь комплекс заходів із ведення лісового господарства у т.ч. заготівля деревини; [»] – започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент; ^{*} – праліси.

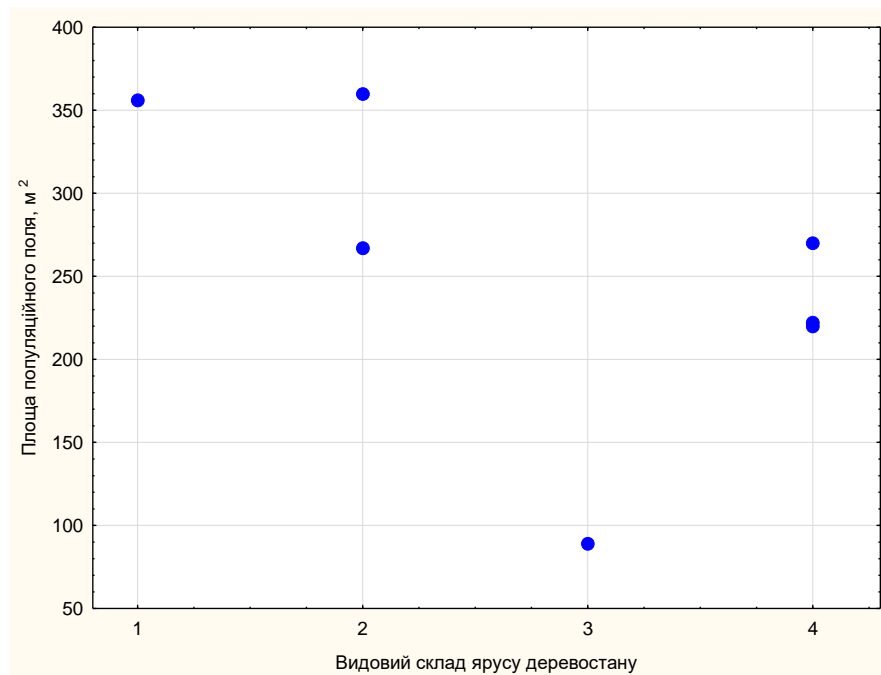


Рисунок 3.1. Показники площі популяційного поля *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану. Тут та на рис. 3.2 номерами позначено наступні варіанти видового складу:

1. *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides*; 2. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*;
3. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 4. *Fagus sylvatica*

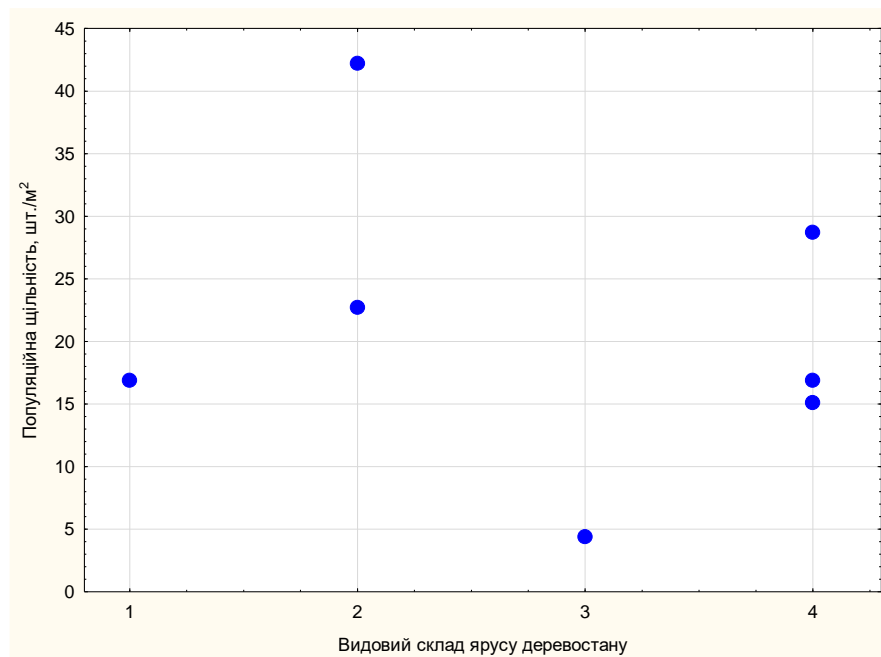


Рисунок 3.2. Показники популяційної щільності *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

Загалом проявляється тенденція до незначного зменшення площі популяційних полів від екосистем середньовікових лісів, де здійснюються лісогосподарські заходи, до пралісів, у яких запроваджено природоохоронний режим (рис. 3.3.). На таку ситуацію вплинули й інші чинники, зокрема, зниження освітленості під наметом лісу.

Стосовно показника популяційної щільності зазначена особливість проявилась меншою мірою (рис. 3.4.). Разом з тим, зареєстровано збільшення площі популяційних полів *A. europaeum* при зростанні популяційної щільності (рис. 3.5).

Встановлено, що в усіх екосистемах співвідношення дисперсії і середньої кількості особин *Asarum europaeum* є більшим одиниці, що вказує на групове розміщення рослин в популяції (див. табл. 3.1.).

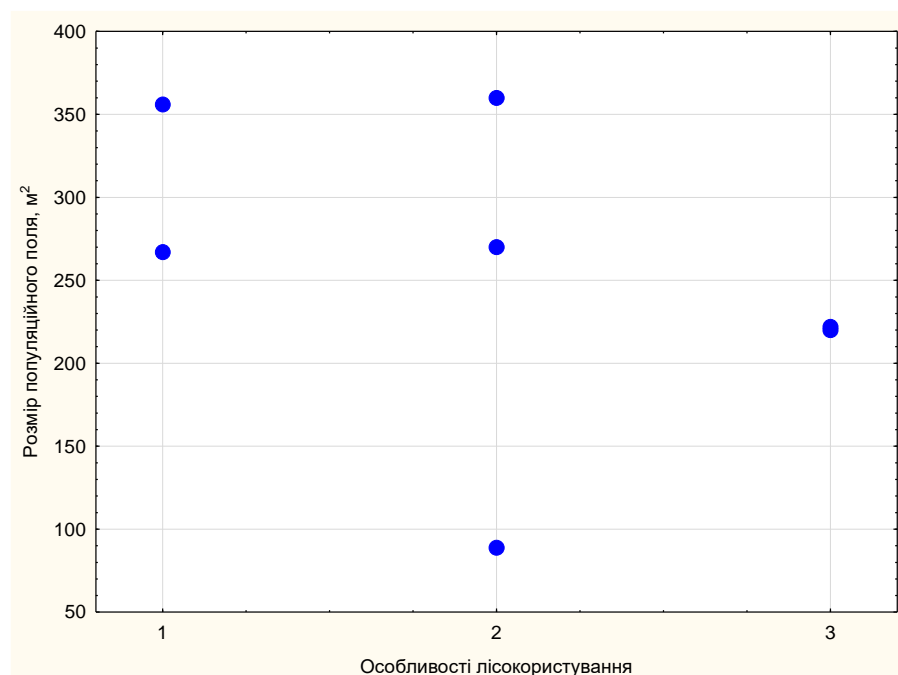


Рисунок 3.3. Зміна площі популяційних полів *Asarum europaeum* на тлі різних форм лісочористування (тут і на рис. 3.4. позначено: 1 – середньовікові ліси, в яких здійснюється лісозаготівля; 2 – стиглі та перестиглі ліси, де запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліси, де запроваджено природоохоронний режим)

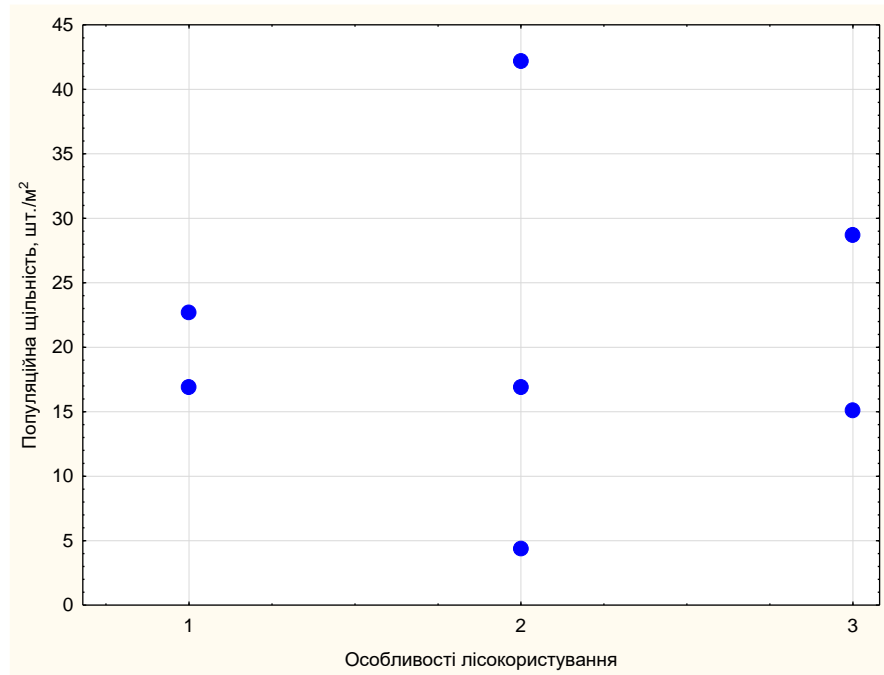


Рисунок 3.4. Зміна показників популяційної щільності *Asarum europaeum* на тлі різних форм лісокористування

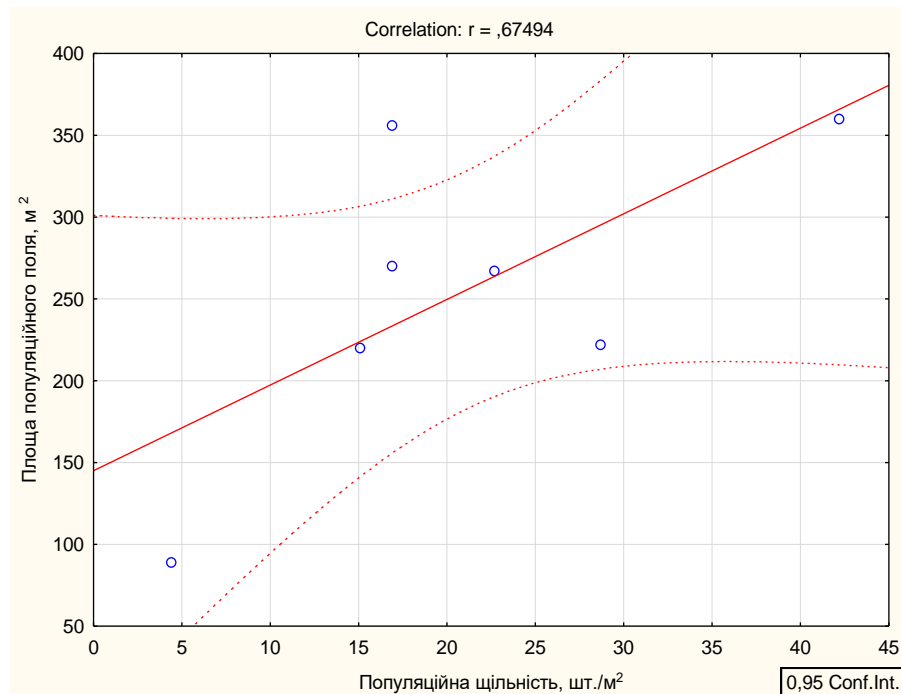


Рисунок 3.5. Зміна площі популяційних полів *Asarum europaeum* на тлі різних показників популяційної щільності

Аналіз впливу на провідні ознаки популяційних полів *A. europaeum* абіотичних екоцифників був здійснений на основі застосування кореляційного аналізу (табл. 3.2). Розраховані значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r) при цьому в абсолютній більшості випадків відповідали низькому рівню та (за модулем) не перевищували 0,263351. Винятком були лише показники, які характеризували взаємозв'язок між площею популяційного поля та освітлення ($r = 0,547593$). Відповідно, вони вказують на прояв тенденції до збільшення площі популяційних полів *A. europaeum* при збільшенні освітленості під наметом лісу (рис. 3.6.). Тенденція до зростання площі популяційного поля проявляється і при збільшенні ступеня вологості ґрунту та вмісту у ньому органічних речовин. Навпаки, на тлі збільшення віку деревостанів площа популяційних полів проявляє тенденцію до зменшення.

Таблиця 3.2.

Результати кореляційного аналізу

Ознаки	Розмір популяційного поля, м ²	Популяційна щільність, шт/м ²
	значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r)	
Вік деревостану, років	-0,263351	0,138326
Освітленість, Лк	0,547593	-0,151761
Вологість ґрунту, %	0,221547	0,081543
Кислотність (рН) ґрунту	0,076941	-0,243761
Вміст органічної речовини, %	0,228197	0,129883

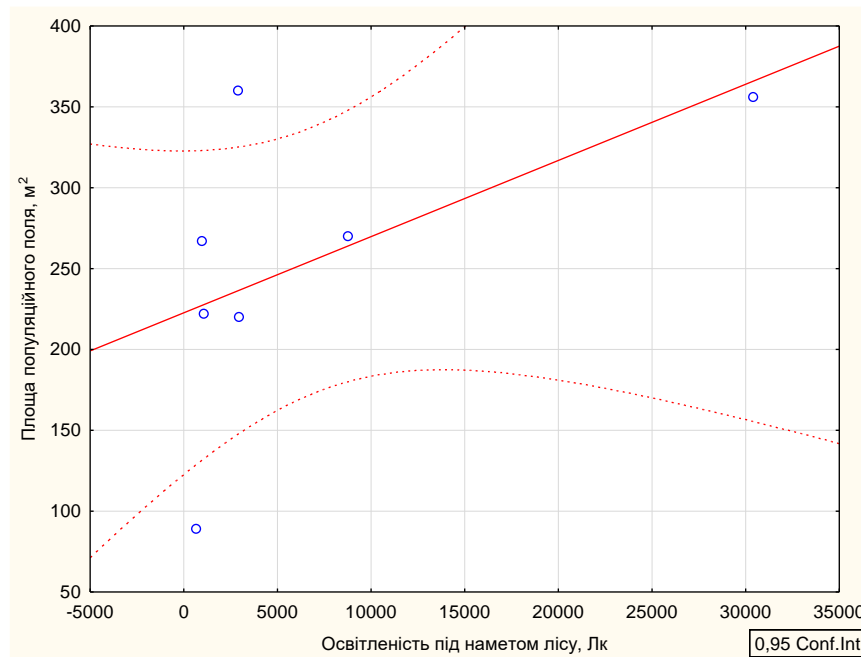


Рисунок 3.6. Зміна площі популяційних полів *Asarum europaeum* на тлі різної освітленості під наметом лісу

Стосовно впливу екочинників на показники популяційної щільності встановлено взаємозв'язок між популяційною щільністю та рівнем кислотності ґрунту. Проявилась тенденція до зменшення популяційної щільності при збільшенні показників рН ґрунту (рис. 3.7.).

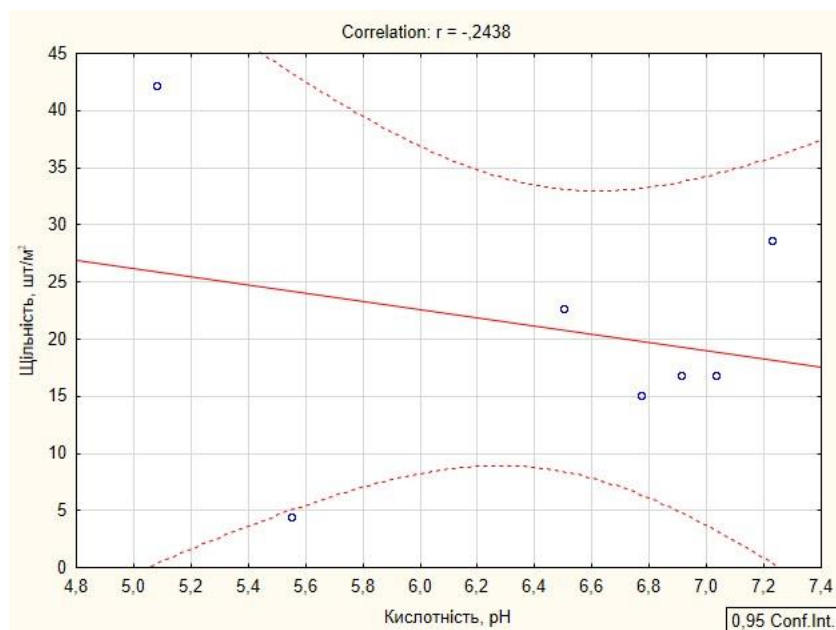


Рисунок 3.7. Зміна популяційної щільності *Asarum europaeum* на тлі різної кислотності ґрунту

При аналізі ценотичних взаємодій встановлено, що у *A. europaeum* показники популяційної щільності проявляють тенденцію до зменшення своїх значень при зниженні величин загального проєктивного покриття ярусу трав ($r = -0,3168$) та проєктивного покриття домінантів ($r = -0,3968$). Досить високі показники популяційної щільності (у межах 16,9-28,7 шт./м²) зареєстровано в ценозах із домінуванням *Allium ursinum* L. (рис. 3.8.). В екосистемах, де домінантом ярусу трав є *Anemone nemorosa* (L.) Holub, має місце варіювання показників популяційної щільності у досить широкому діапазоні. При цьому найвищі значення ($42,2 \pm 11,12$ шт./м²) зареєстровано в угрупованнях, де співдомінантом *Anemone nemorosa* є *Asarum europaeum*, а найменші ($4,4 \pm 2,94$ шт./м²) - де співдомінує *Dentaria glandulosa* Waldst. et Kit.

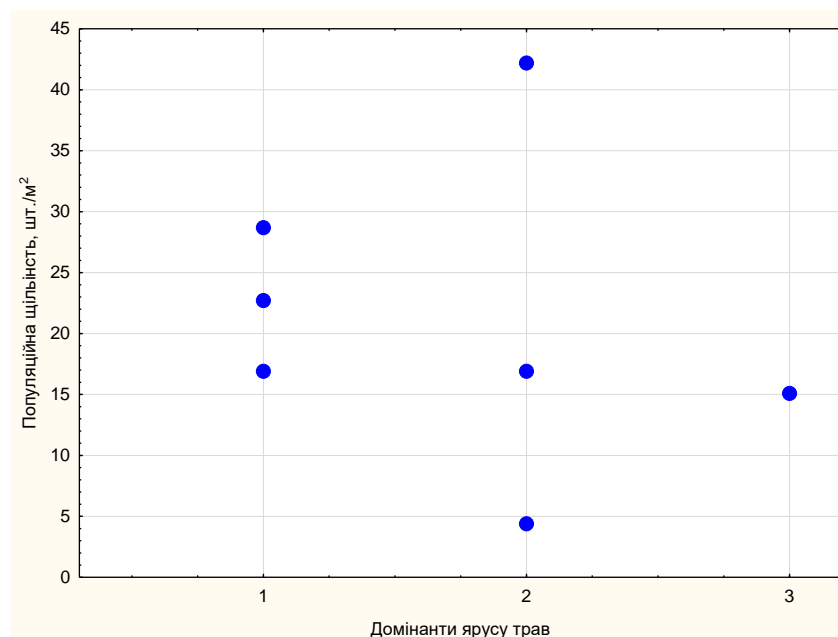


Рисунок 3.8. Показники популяційної щільності *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum* L; 2. *Anemone nemorosa* (L.) Holub.; 3. *Asarum europaeum* L

Отже, проведені дослідження засвідчили наявність у популяції *A. europaeum* специфічних особливостей щодо ознак популяційних полів. Як свідчать результати вивчення літературних джерел, діапазон варіювання показників популяційної щільності у *A. europaeum* в Геттінгенському лісі (від

4,4 до 42,2 шт./м²) є більшим, ніж в умовах Лісостепу Північного Сходу України (Сумська область) (9,6 - 21,3 шт./м²) (Скляр, 2014), а також більшим, ніж в умовах Полісся у Національному природному парку «Деснянсько-Старогутський» (27,5 - 37,6 шт./м²) (Коваленко, 2015).

Ознаки популяційних полів *A. europaeum* в Геттінгенському лісі формуються на тлі складної системи еколого-ценотичних взаємодій, що виражаються більшою чи меншою мірою. Узагальнення наявних даних щодо ознак популяційних полів *A. europaeum* було здійснене на основі застосування кластерного аналізу (рис. 3.9).

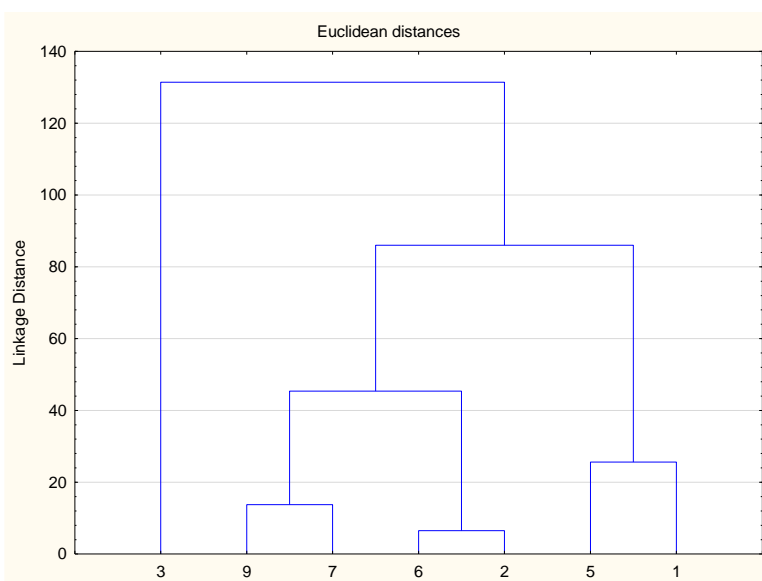


Рисунок 3.9. Результати кластерного аналізу популяцій *Asarum europaeum* за комплексом ознак популяційного поля (№№1-9 - нумерація екосистем відповідно табл. 3.1).

Результати кластерного аналізу засвідчили значний рівень подібності за даними характеристиками популяцій пралісів (екосистеми №7 та №9), які формують чітко виражений та відокремлений кластер. Окрім того, наочно продемонстровано високий ступінь своєрідності за комплексом ознак популяційного поля популяції із угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* (екосистема №3). На нашу думку цьому значною мірою сприяла така особливість зазначеної екосистеми як найменша освітленість під наметом лісу (671 Лк проти 982-30409 Лк в інших

місцезростаннях). Склад двох інших кластерів (популяції із екосистем №6 та №2, а також популяції екосистем №5 та №1), більшою мірою демонструють формування показників популяційного поля як інтегральної характеристики на тлі системи еколого-ценотичних (включаючи антропогенний чинник) впливів.

Різноплановий аналіз ознак популяційних полів *A. europaicum* дозволив для показника популяційної щільності виявити низку характеристик, які відповідають параметрам еколого-ценотичного оптимуму (табл. 3.3.).

Таблиця 3.3.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для показників популяційної щільності *Asarum europaicum* у Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 5,0
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,8
Вік деревостанів	115-125 років
Видовий склад ярусу деревостану	Кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>) та монодомінантні букові ліси
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	70%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	50%

3.2. Онтогенетична структура популяцій *Asarum europaicum*

Усі досліджувані популяції *A. europaicum* мають неповні онтогенетичні спектри (табл. 3.4). Найбільш повний спектр притаманний популяції із пралісової екосистеми (№7, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaicum*). У її складі представлені рослини майже усіх онтогенетичних станів (окрім сенільних). Найменш повними онтогенетичними спектрами вирізняються популяції із екосистеми середньовікового лісу (№5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum*

europaicum + *Galium intermedium*) та екосистеми стиглого лісу (№3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*), де представлені лише віргінільні та генеративні рослини. Дещо повнішими були онтогенетичні спектри популяцій із екосистема перестійного лісу №5 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaicum*), де присутні іматурні, віргінільні та генеративні рослини, та екосистеми №6 (угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*), у якій репрезентовано генеративні, субсенільні та сенільні рослини.

Таблиця 3.4.

Онтогенетична структура популяцій *Asarum europaicum*

Онтогенетичні стани	Досліджувані екосистеми ¹ та частка (у %) в них рослин різних онтогенетичних станів						
	№1 ⁺	№2 ⁺	№3 [»]	№5 [»]	№6 [»]	№7 [*]	№9 [*]
	Частка (%) рослин відповідних станів						
p	0	0	0	0	0	5,88	0
j	0	0	0	0	0	7,35	0
im	5,26	0	0	4,65	0	22,06	2,94
v	36,84	35,29	10,00	16,28	0	30,89	14,71
g1	47,38	45,10	70,00	52,33	7,89	4,41	35,29
g2	5,26	15,69	10,00	20,93	34,21	16,18	20,59
g3	2,63	3,92	10,00	5,81	42,11	10,29	20,59
ss	2,63	0	0	0	13,16	2,94	5,88
s	0	0	0	0	2,63	0	0
Разом	100	100	100	100	100	100	100

Примітка: тут далі в таблицях нумерація екосистем відповідає таблиці 3.1.

Ще повнішими виявились онтогенетичні спектри популяцій *A. europaicum* із екосистеми середньовікового лісу №1 (*Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) та пралісу (№9, *Fagus sylvatica* – *Asarum europaicum*+*Stellaria holostea*) – обидві вони сформовані із іматурних, віргінільних, генеративних та субсенільних рослин. Загалом широка представленість популяцій, де відсутні рослини наймолодших онтогенетичних станів (проростки, ювенільні), вказує на ускладненість відновлювального процесу в популяціях *A. europaicum*.

Лівосторонній онтогенетичний спектр зареєстрований лише в пралісовій екосистемі №7 (угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*): тут сумарна частка догенеративних рослин становить 66,2% і переважає частку генеративних. Це вказує на те, що дані лісорослинні умови виявились сприятливими для відновлювального процесу *A. europaeum*.

У всіх інших екосистемах у *A. europaeum* зареєстровано центровані спектри. Усі ці популяції із даних лісорослинних умов відзначаються високою сумарною часткою генеративних особин: екосистема №1 – 55,3%, №2 – 64,7%, №3 – 90,0%, №5 – 79,1%, №6 – 84,2%, №9 – 76,5%. Відновлювальні процеси тут слабо виражені. Окрім того, популяція із перестійного лісу (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*), має значну частку субсенільних і сенільних рослин (15,8%), що засвідчує прояв тенденції до її старіння при послабленні відновлювального процесу.

Специфічною особливістю екосистеми стиглого лісу (№3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) є вагома частка (70%) молодих генеративних особин, а екосистеми перестійного лісу (№6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) – значна частка середніх і старих генеративних рослин: 34,2% і 42,1%, відповідно (рис. 3.10).

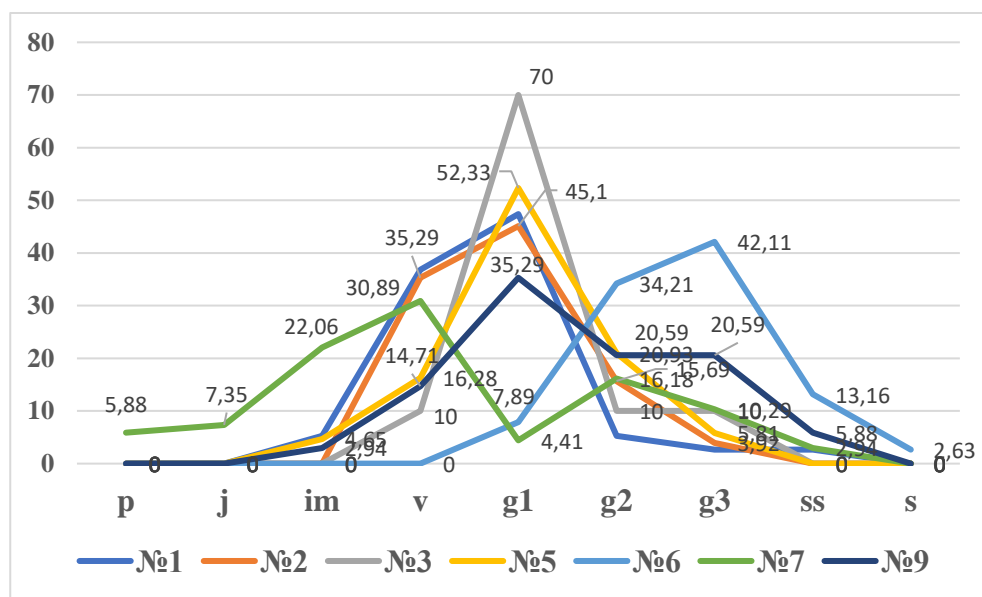


Рисунок 3.10. Онтогенетичні спектри популяцій *Asarum europaeum* (частка рослин наведена у %)

Комплексна оцінка онтогенетичної структури *A. europaeum* із застосуванням узагальнюючих онтогенетичних індексів показує, що найвищий індекс відновлюваності (66,2%) має пралісова екосистема (№7, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*) (табл. 3.5). Крім того, лише у популяції із даної екосистеми індекс відновлюваності у два рази переважає індекс генеративності (за І. М. Коваленком), який становить лише 30,9%. Також у цієї популяції зареєстровано найвищі індекси відновлюваності за Л.О. Жуковою–М.В. Глотовим (коефіцієнт 0,66) та за Л.І. Воронцовою (195,2%).

Найнижчі індекси відновлюваності (за І.М. Коваленком) притаманні популяціям *A. europaeum* із екосистем стиглого (№3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) та перестійного лісу (№6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*): 10,0% та 0%, відповідно. Популяції із даних екосистем мають й найнижчі величини індексів відновлюваності за Л. О. Жуковою – М. В. Глотовим та за Л. І. Воронцовою.

Найвищі індекси старіння та віковості зареєстровано у популяцій *A. europaeum* в екосистемах перестійного лісу (№6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) та пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*). Для них характерне переважання деградаційних процесів.

У підсумку визначено, що популяції *A. europaeum* із екосистем середньовікових (№1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*; №2, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*), стиглих (№3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) та перестійних (№5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*) лісів є зріючими (за Л. А. Животовським).

Таблиця 3.5.

Онтогенетичні індекси популяцій *Asarum europaeum*

Онтогенетичні індекси		Од. вим.	Досліджувані екосистеми						
			№1 ⁺	№2 ⁺	№3 [»]	№5 [»]	№6 [»]	№7 [*]	№9 [*]
за І.М. Коваленком	Індекс відновлюваності	%	42,11	35,29	10,00	20,93	0,00	66,18	17,65
	Індекс старіння	%	5,26	3,92	10,00	5,81	57,89	13,24	26,47
	Індекс генеративності	%	55,26	64,71	90,00	79,07	84,21	30,88	76,47
	Індекс віковості	к-т	0,13 (переважають інвазійні процеси)	0,11 (переважають інвазійні процеси)	1,00 (середній стан віковості)	0,28 (переважають інвазійні процеси)	57894,74 (переважають процеси деградації)	0,20 (переважають інвазійні процеси)	1,50 (переважають процеси деградації)
за Л. О. Жуковою – М. В. Глотовим	Індекс відновлюваності	к-т	0,43	0,35	0,10	0,21	0,00	0,66	0,19
	Індекс старіння	к-т	0,03	0,00	0,00	0,00	0,16	0,03	0,06
	Індекс заміщення	к-т	0,73	0,55	0,11	0,26	0,00	1,78	0,21
за Л. І. Воронцовою	Індекс відновлюваності	%	76,19	54,55	11,11	26,47	0,00	195,24	23,08
за А.О. Урановим	Індекс віковості	Δ	0,24	0,27	0,32	0,31	0,64	0,24	0,42
за Л.А. Животовським	Індекс ефективності	ω	0,62	0,69	0,77	0,74	0,80	0,47	0,74
Тип популяції									
за Т.О. Работновим			нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	регресивна	інвазійна	нормальна
за Л. О. Жуковою			нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна
за Л.А. Животовським			зріюча	зріюча	зріюча	зріюча	старіюча	молода	зріла

Популяція *A. europaeum* однієї пралісової екосистеми (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) є зрілою, іншої (№7, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*) – молодю. Ще одна популяція (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) є старіючою. За Т.О. Работновим популяції здебільшого репрезентують категорію «нормальних». Лише одна популяція (№6) належить до категорії регресивних та одна (№7) – до інвазійних.

Було проведено аналіз впливу провідних еколого-ценотичних чинників на величини онтогенетичних індексів. Насамперед було застосовано кореляційний аналіз (табл. 3.6). Він засвідчив існування тісних та статистично достовірних взаємозв'язків між показниками вологості ґрунту, вмісту у ньому органічної речовини та величинами трьох індексів (відновлюваності, генеративності та ефективності) при r (за модулем) на рівні 0,7923-0,9258.

Таблиця 3.6.

Результати кореляційного аналізу з охопленням онтогенетичних індексів

Екознаки	Індекс					
	відновлюваності	старіння	генеративності	віковості	віковості, Δ	ефективності, ω
значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r) ¹						
Вік деревостану, років	-0,1278	0,5364	0,0165	0,2536	0,4553	-0,0056
Середня освітленість, Лк	0,1353	-0,0388	-0,1883	0,0799	-0,0930	-0,1441
Середня вологість ґрунту, %	0,8238*	-0,2725	-0,8626*	-0,3420	-0,4689	-0,7923*
Середня кислотність, рН	0,4429	0,3508	-0,6179	0,2562	0,1208	-0,5196
Вміст органічної речовини, %	0,8400*	-0,1144	-0,9258*	-0,1899	-0,3579	-0,8643*

Примітка: тут і далі за текстом дисертації * позначено взаємозв'язки, які статистично достовірні на рівні 0,95% і вище

Загалом на тлі збільшення вмісту органічної речовини та вологості ґрунту у популяції *A. europaicum* проявилась статистично достовірна тенденція до зменшення індексу генеративності та зростання індексу відновлюваності. Це є свідченням та результатом активізації вегетативного відновлення при зростанні вологості та родючості ґрунтів (рис. 3.11-3.14). Зазначені взаємозв'язки чітко описуються й відповідними рівняннями регресії.

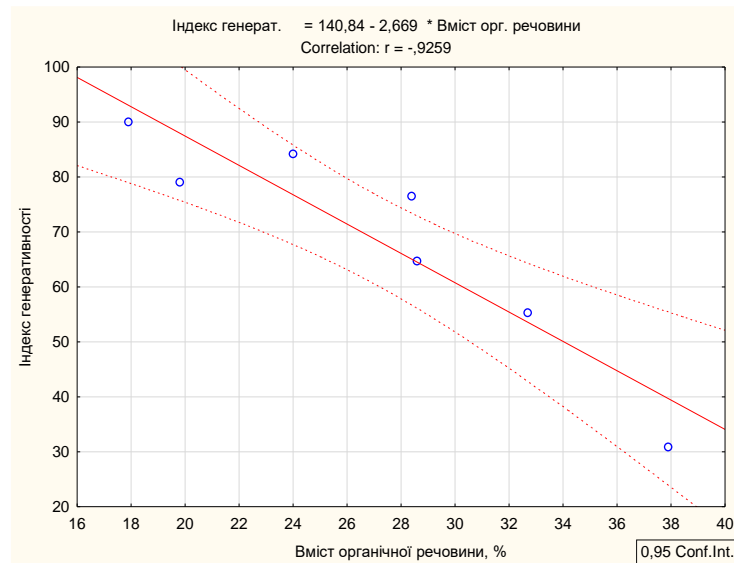


Рисунок 3.11. Зміна у популяції *Asarum europaicum* величин індексу генеративності на тлі показників вмісту органічної речовини в ґрунті

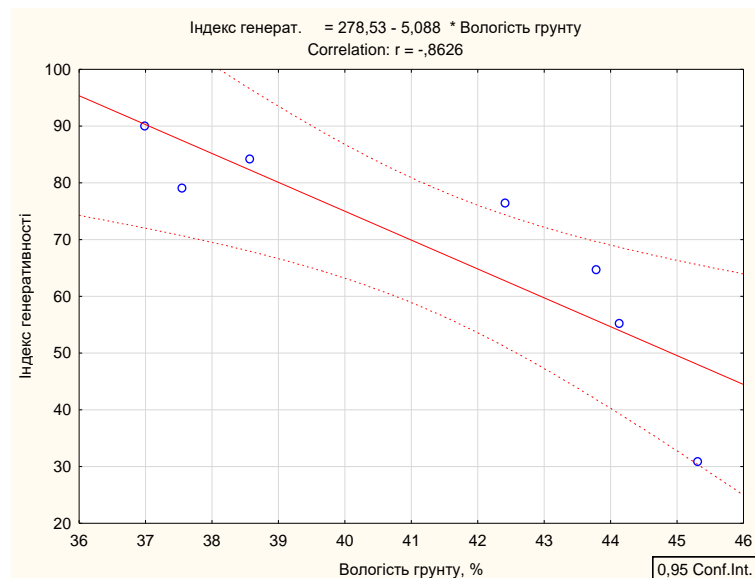


Рисунок 3.12. Зміна у популяції *Asarum europaicum* величин індексу генеративності на тлі показників вологості ґрунту

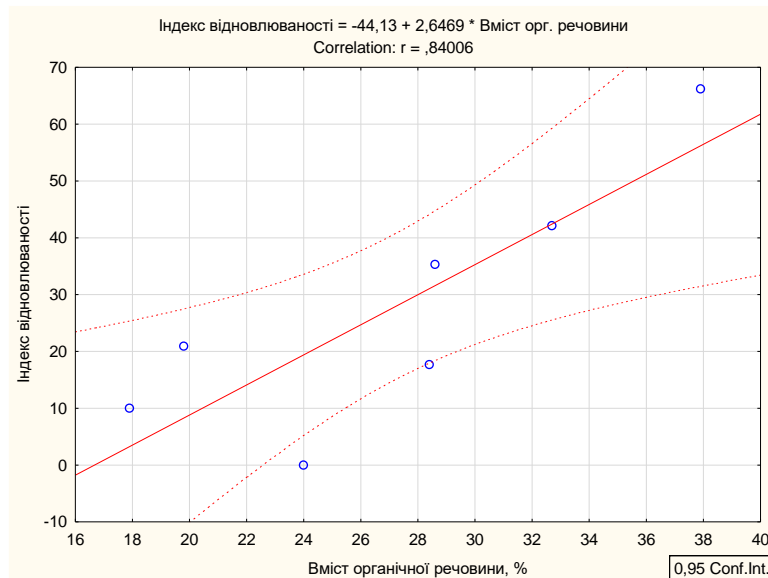


Рисунок 3.13. Зміна у популяції *Asarum europaeum* величин індексу відновлюваності на тлі показників вмісту органічної речовини в ґрунті

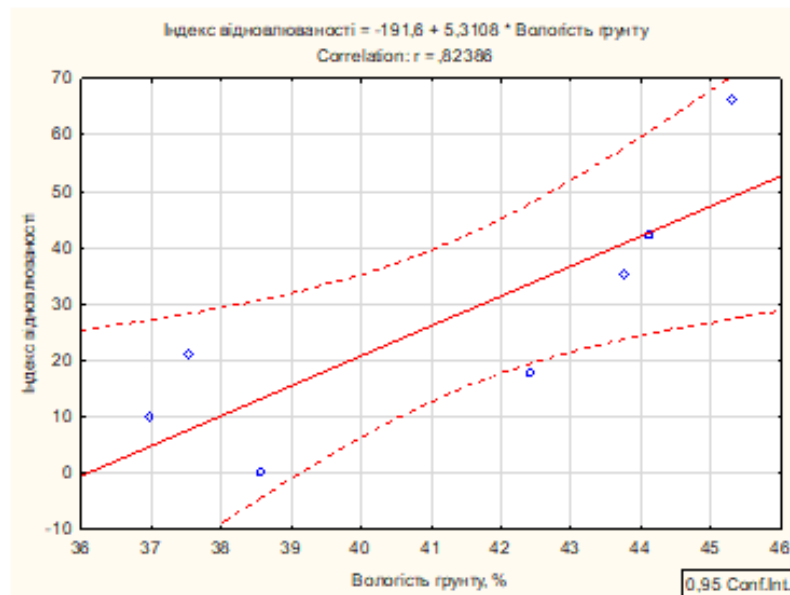


Рисунок 3.14. Зміна у популяції *Asarum europaeum* величин індексу відновлюваності на тлі показників вологості ґрунту

Проведений аналіз засвідчив й існування у популяції *A. europaeum* прямопропорційного взаємозв'язку середньої сили ($r=0,5364$) між віком деревостанів і величиною індексу старіння популяцій та прояв тренду до зростання індексу старіння у міру збільшення віку ярусу деревостану (рис. 3,15.).

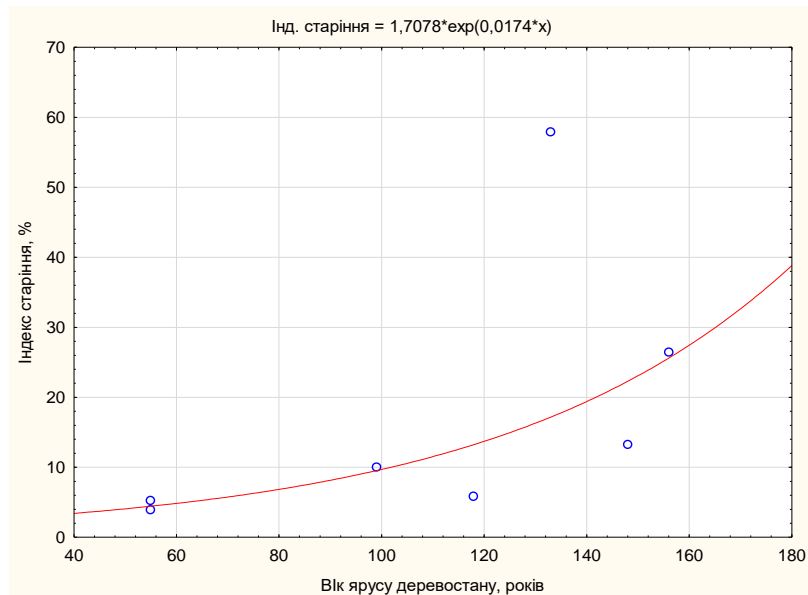


Рисунок 3.15. Зміна значень індексу старіння на тлі зміни величин віку ярусу деревостану

У значень індексів відновлюваності та генеративності проявились тренди іншого характеру. У діапазоні вікових характеристик ярусу деревостану 55-100 років значення індексу генеративності зростали, а індексу відновлюваності зменшувались (рис. 3.16; рис. 3.17). Далі у діапазоні вікових характеристик ярусу деревостану 100-160 років значення індексу генеративності, навпаки, зменшувались, а індексу відновлюваності – зростали.

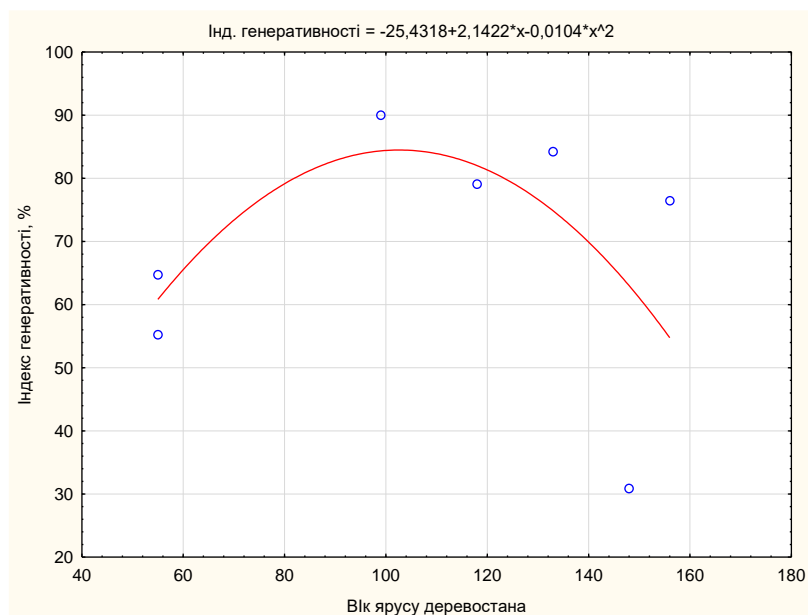


Рисунок 3.16. Зміна значень індексу генеративності на тлі зміни величин віку ярусу деревостану

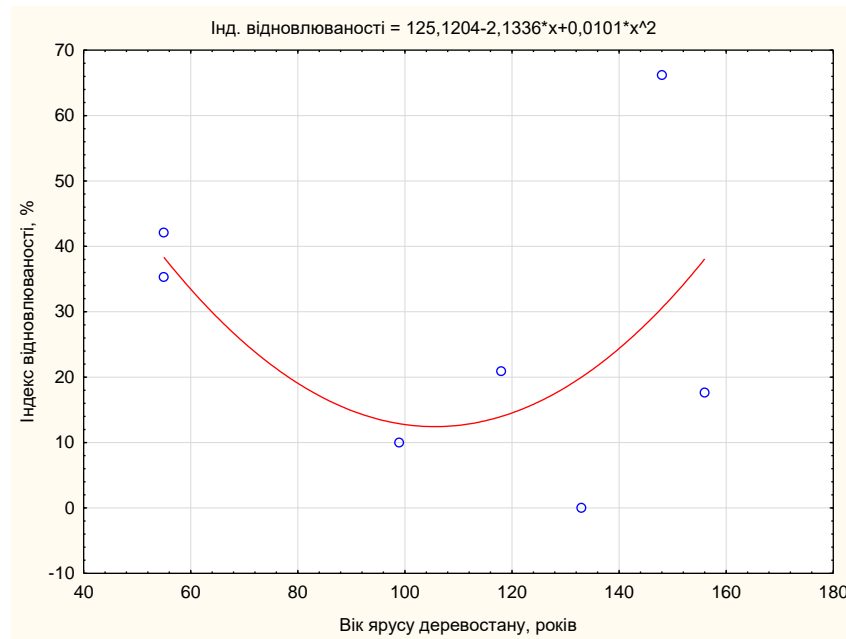


Рисунок 3.17. Зміна значень індексу відновлюваності на тлі зміни величин віку ярусу деревостану

Результати аналізу змін величин онтогенетичних індексів за лісовими екосистемами із різним видовим складом ярусу деревостану, зокрема, засвідчили динаміку до зменшення показників індексу відновлюваності у такому порядку: склад ярусу деревостану *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* → *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* → *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* (рис. 3.18.). Навпаки, у зазначеній послідовності складу ярусу деревостану відбувалось збільшення величин індексу генеративності (рис. 3.19). Для індексу старіння був характерним тренд до збільшення значень у наступній послідовності видового складу ярусу деревостану: *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* → *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* → *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* → *Fagus sylvatica* (рис. 3.20).

У популяції *A.europaeum*, які зростали під наметом монодомінантних букових лісів, зареєстровано найбільший розмах варіювання індексу відновлюваності, генеративності та старіння. При цьому, за значеннями індексу старіння популяції *A.europaeum* із монодомінантних букових лісів перевищували популяції із інших екосистем: 13,24-57,89% проти 3,92-10,0%.

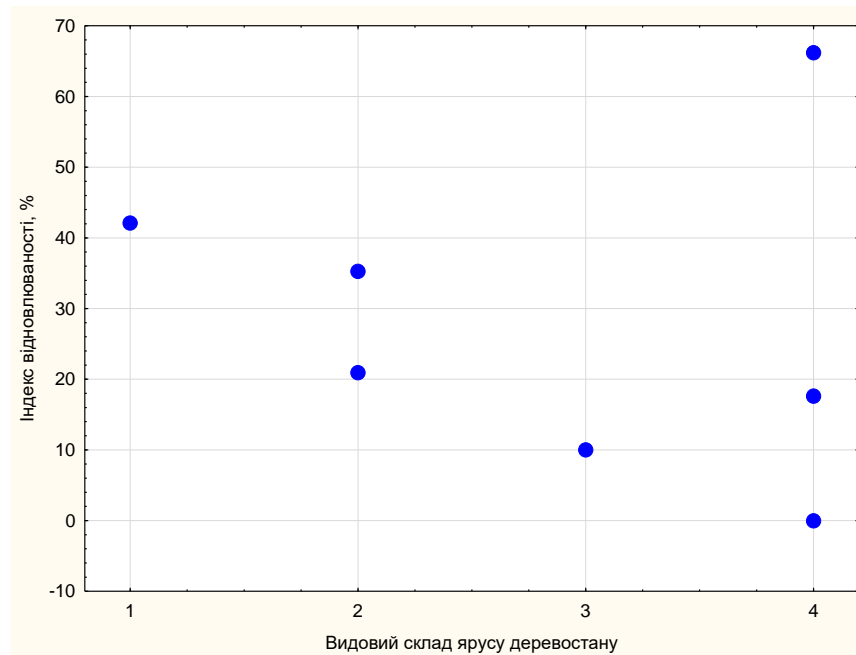


Рисунок 3.18. Показники індексу відновлюваності у популяції *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану. Тут та на рис. 3.19.-3.20. номерами позначено наступні варіанти видового складу: 1. *Fagus sylvatica*+*Acer platanooides*; 2. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 3. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 4. *Fagus sylvatica*

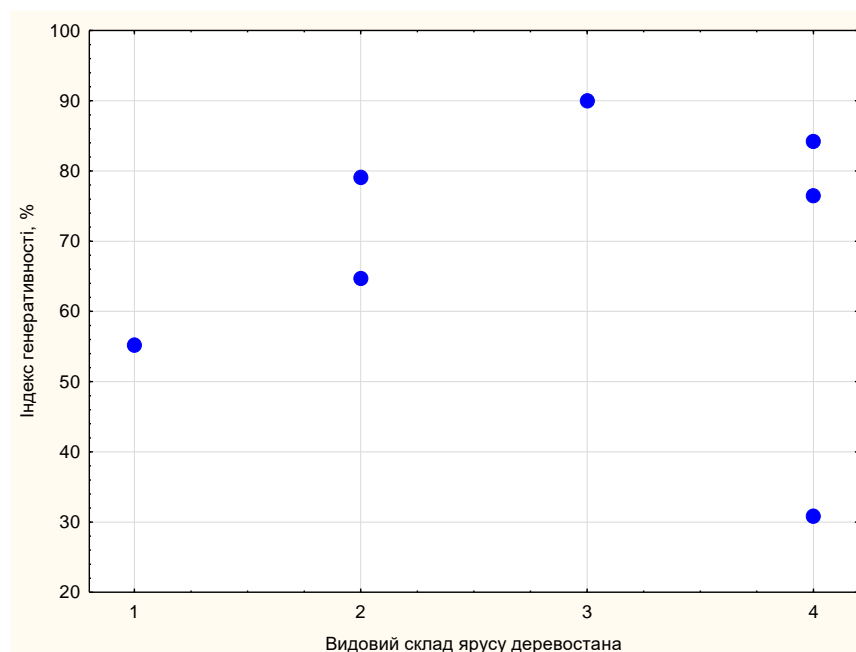


Рисунок 3.19. Показники індексу генеративності у популяції *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

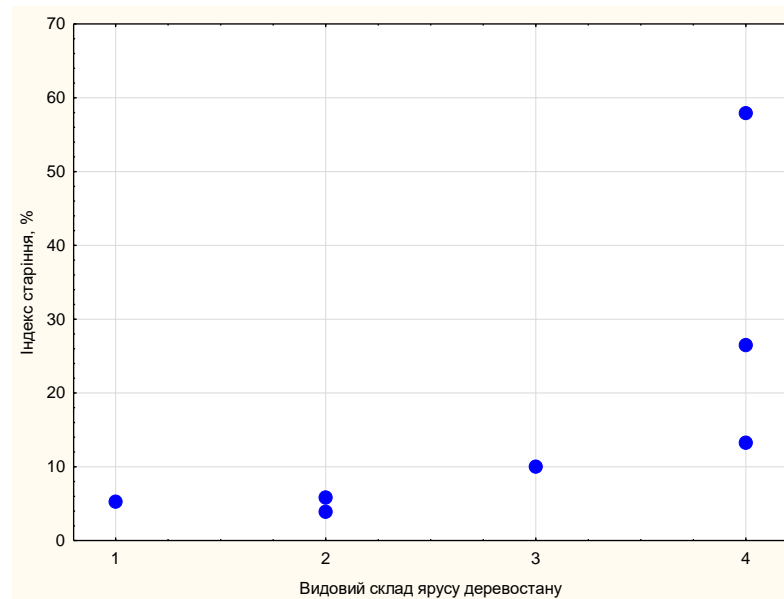


Рисунок 3.20. Показники індексу старіння у популяції *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

У динаміці значень онтогенетичних індексів здебільшого не зареєстровано чітко вираженої та статистично достовірної залежності від величин загального проєктивного покриття ярусу трав. Однак, у індексу відновлюваності проявилась тенденція до зменшення значень при зростанні проєктивного покриття виду домінанта від 40 до 50% і його збільшення при подальшому зростанні проєктивного покриття домінанта (рис. 3.21.).

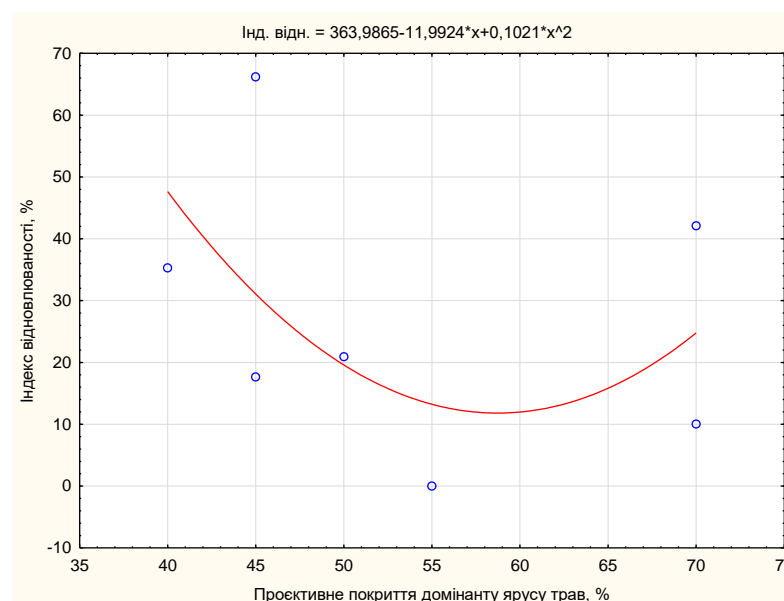


Рисунок 3.21. Зміна значень індексу відновлюваності у популяції *Asarum europaeum* на тлі зміни показників проєктивного покриття домінанту ярусу трав

На зазначеному градієнті значень проєктивного покриття динаміка показника індексу генеративності i , особливо, індексу старіння, порівняно із величинами індексу відновлюваності, демонструвала протилежний тренд (рис. 3.22.; рис. 3.23.).

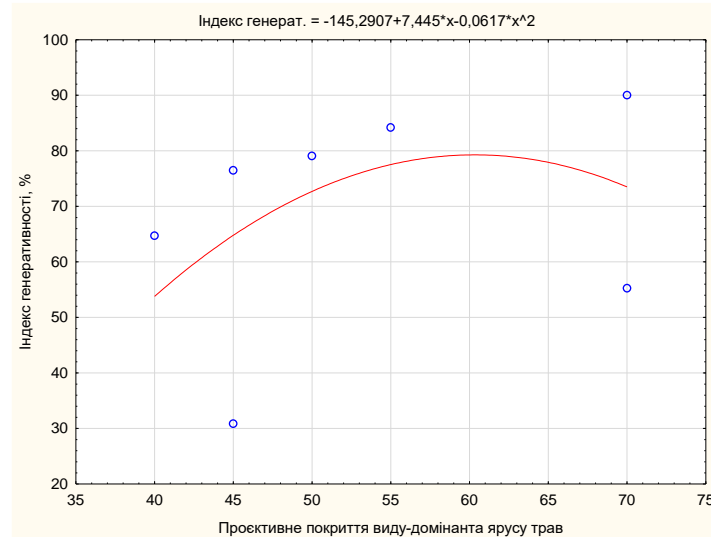


Рисунок 3.22. Зміна значень індексу генеративності у популяції *Asarum uropaeum* на тлі зміни показників проєктивного покриття домінуючого ярусу трав

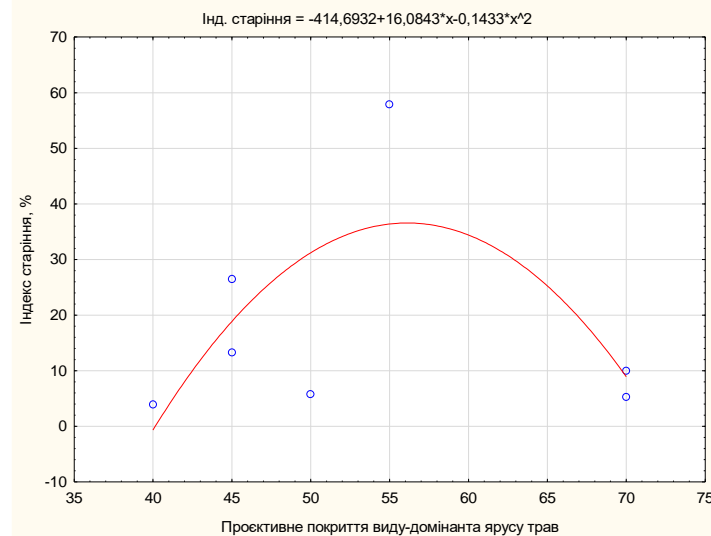


Рисунок 3.23. Зміна значень індексу старіння у популяції *Asarum europaicum* на тлі зміни показників проєктивного покриття домінуючого ярусу трав

Стосовно видів домінантів (рис. 3.24.-3.26.) встановлено, що в екосистемах, де у ярусі трав домінує *Allium ursinum*, популяції мають значення індексів відновлюваності на рівні 35-67%, індексу генеративності: 30-65%, старіння: 3-14%. В екосистемах, де домінує *Anemone nemorosa*, значення індексів є такими: відновлюваності на рівні 0-21%, генеративності: 79-90%, старіння:

5-58%. В екосистемах, де домінує *A. europaeum*, значення індексів дорівнюють: відновлюваності 17-18%, генеративності: 76-77%, старіння: 26-27%. Тобто у екосистемах, де у ярусі трав домінує *Allium ursinum* активно реалізуються як відновлювальні процеси із накопиченням молодих догенеративних рослин, так і формування та функціонування власне генеративних рослин. Останній процес активно реалізується в екосистемах із домінуванням *A. europaeum*, а відновлювальні процеси є менш активними. В екосистемах, де домінує *Anemone nemorosa*, найбільш активно відбувається формування та збільшення репрезентованості генеративних рослин при подальшому прояву тенденції до старіння популяцій.

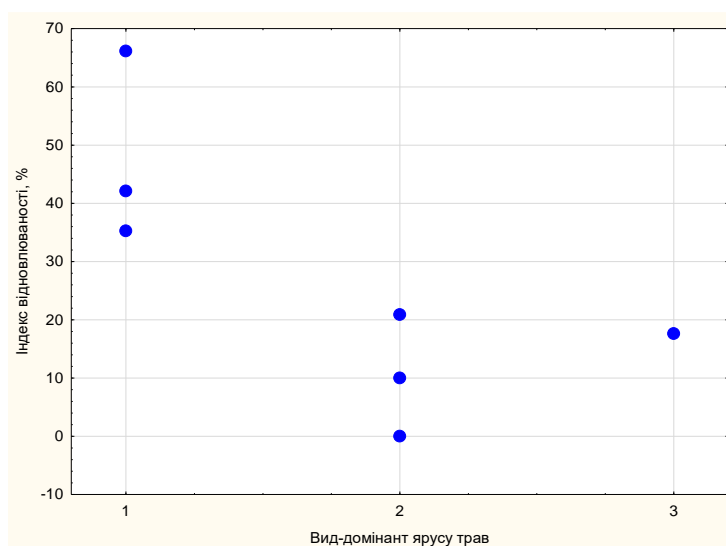


Рисунок 3.24. Показники індексу відновлюваності популяцій *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Тут та на рис. 3.25.-3.26. номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*

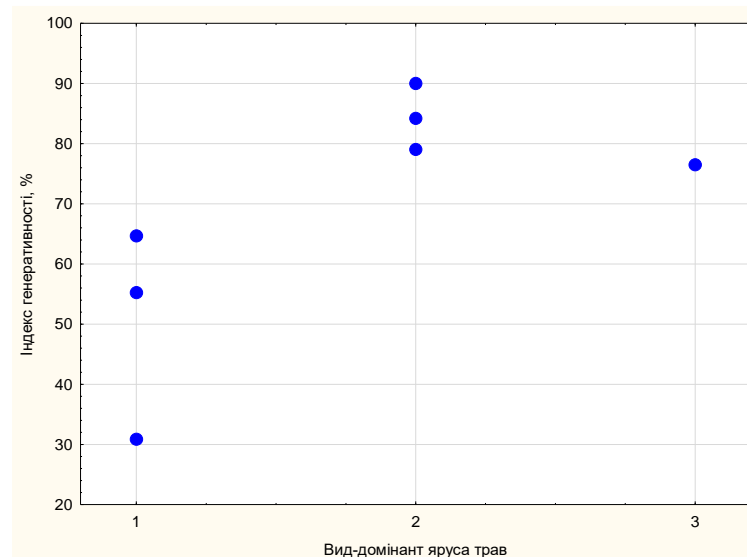


Рисунок 3.25. Показники індексу генеративності популяцій *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

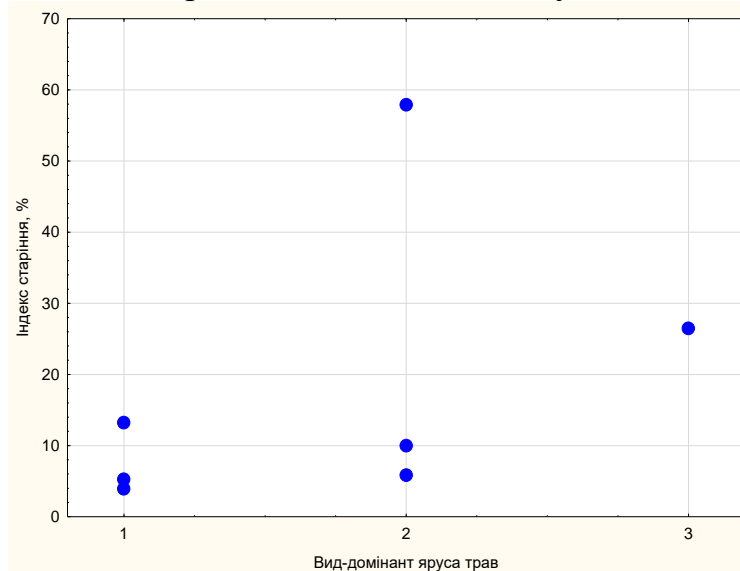


Рисунок 3.26. Показники індексу старіння популяцій *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

Вивчення онтогенетичної структури популяції засвідчило, що вона є інформативною та автономною популяційною характеристикою, яка дозволяє розкрити важливі ознаки функціонування популяцій, в основі яких лежить здатність рослин до онтогенетичного розвитку (Ярошенко, Скляр, 2023).

При порівнянні власних результатів із даними онтогенетичного аналізу, застосованого до популяцій *A. europaeum*, які зростають у лісах України, зокрема, встановлено більшу частоту трапляння популяцій із повними спектрами. Разом з тим, як і в Геттінгенському лісі, широкую представленість мають лівосторонні та центровані спектри. Так, за результатами досліджень у

широколистяних лісах Лісостепу України (угруповання *Tilieto – Acereto – Quercetum stellariosum*) наявні рослини всіх онтогенетичних станів. Серед них переважає (38,1%) частка раметів генеративного онтогенетичного стану. В угрупованні *Querceto – Tilieto – Aceretum stellariosum* онтогенетичні спектри є повними за репрезентованістю рослин різних онтогенетичних станів та з чітко вираженою лівосторонністю при переважанні (39,1 %) іматурних раметів. В угрупованні *Fraxinetum caricosum* онтогенетичні спектри є неповними за представленістю рослин різних онтогенетичних станів і центрованими: домінують (37,7 %) генеративні рамети (Скляр, 2014).

За результатами досліджень в умовах Полісся у Національному природному парку «Деснянсько-Старогутський» популяція *A. europaeum* в асоціації *Quercetum coryloso-asarosum* є повною за онтогенетичною структурою, а в асоціаціях *Pinetum coryloso-asarosum* та *Querceto-Pinetum asarosum* – неповною, при відсутності проростків та ювенільних рослин. Субсенільні рослини також відсутні. Популяція *A. europaeum* в асоціації *Pinetum coryloso-asarosum* є лівосторонньою, з піком чисельності (52,6%) на передгенеративних парціальних кущах. У всіх інших асоціаціях популяція *A. europaeum* має центровані спектри з домінуванням генеративних рослин: в асоціації *Quercetum coryloso-asarosum* – 55%, в асоціації *Querceto-Pinetum asarosum* – 68,0% (Коваленко, 2015а).

Як засвідчили результати кластерного аналізу, в Геттінгенському лісі за комплексом величин онтогенетичних індексів найбільший рівень подібності проявили популяції із буково-кленових середньовікових лісів (екосистеми №1 та №2) (рис. 3.27).

Amalgamation Schedule (копитняк_онтогенетичні індекси)								
Single Linkage								
Euclidean distances								
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6	Obj. No. 7	
11,73101	1	2						
16,03139	3	5						
20,39667	1	2	3	5				
21,11527	1	2	3	5	9			
35,17751	1	2	3	5	9	7		
57893,25	1	2	3	5	9	7	6	

Рисунок 3.27. Результати кластерного аналізу популяцій *Asarum europaeum* за комплексом величин онтогенетичних індексів (№1-9, нумерація екосистем відповідно табл. 3.1).

Продемонстрували високий ступінь подібності та сформували окремий кластер популяції із екосистем кленово-букових та ясеневих-букових лісів, у яких запроваджено лісовий екологічний менеджмент, а самі ліси репрезентують категорію стиглих (популяція із екосистеми №3) та перестійних (популяція із екосистеми №5). На рівні значень евклідової відстані 21,1153-35,1775 подібність до цих чотирьох популяцій проявили популяції із пралісових екосистем (№9 та №7). Найбільш специфічною (при значеннях евклідової відстані 57893,25 од.) виявилась онтогенетична структура популяції із перестійного букового лісу (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*). Її своєрідність, порівняно із усіма іншими популяціями, насамперед, проявляється у відсутності рослин догенеративних онтогенетичних станів, мінімально можливих значеннях індексу відновлюваності (дорівнюють 0) і, навпаки, вельми високих показниках індексу віковості (дорівнюють 57894,74). Популяція із цієї ж екосистеми виявилась найбільш специфічною й за комплексом ознак популяційного поля та онтогенетичної структури.

За комплексом ознак найбільш подібними (евклідова відстань 40,8894) виявились популяції екосистем №1 і №5 (відповідно, із угруповань *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides* та *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum*

europaeum). Окрему групу (на рівні евклідової відстані 65,1658) формують й популяції екосистем №2, 9, 7 (відповідно, із угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*, *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*, *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*). У її складі об'єднано як популяцію із середньовікових лісів, де здійснюються лісогосподарські роботи, так і пралісів (рис. 3.28.).

Amalgamation Schedule (копитняк_онтогенетичні індекси_кластер)								
Single Linkage								
Euclidean distances								
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6	Obj. No. 7	
40,88940	1	5						
56,80393	2	9						
65,16579	2	9	7					
89,95697	1	5	2	9	7			
133,3739	1	5	2	9	7	3		
57893,27	1	5	2	9	7	3	6	

Рисунок 3.28. Результати кластерного аналізу популяцій *Asarum europaeum* за комплексом ознак популяційного поля та онтогенетичної структури (№1-9, нумерація екосистем відповідає табл. 3.1.

Проведений аналіз дозволив виділити провідні ознаки еколого-ценотичного оптимуму (табл. 3.7.) щодо онтогенетичної структури популяцій *A. europaeum*. При цьому було акцентовану увагу на визначення умов, за яких відбувається формування популяцій *A. europaeum* із порівняно високими значеннями як індексу відновлюваності, так і індексу генеративності. Безпосередньо цей аналіз був здійснений з опорою на значення індексу віковості (за І.М. Коваленком) у діапазоні величин 0,11-0,13 та 0,28, якому відповідали величини індексу відновлюваності на рівні 20,93-42,11%, та індексу генеративності 55,26-79,07 при значеннях індексу старіння, які не перевищували 6%.

Таблиця 3.7.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для ознак онтогенетичної структури популяцій *Asarum europaeum* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 5,08-7,03
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,8–32,7%
Вік деревостанів	55-118 років
Освітленість	982–30409 Лк
Вологість ґрунту	37,55-44,13%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> ; <i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>)
Загальне проективне покриття ярусу трав	70–80%
Проективне покриття домінанту ярусу трав	40–70%.
Домінант ярусу трава	<i>Allium ursinum</i> ; <i>Anemone nemorosa</i> може бути й <i>Asarum europaeum</i>
Популяційна щільність	16,9–42,2 шт./м ²
Лісокористування	Ліси, у які включено в систему традиційного лісокористування або запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент

Загалом аналіз параметрів популяційних полів та онтогенетичної структури популяцій показали, що найсприятливішими для популяцій *A. europaeum* умови екосистеми №5 (перестійний ліс, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), де зареєстрована найбільша площа популяційного поля й найвища популяційна щільність, та екосистеми №7 (праліс, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*), де сформувалися найліпші умови для відновлювального процесу *A. europaeum*. За зазначеними популяційними ознаками до числа найнесприятливіших належить екосистема №3 (стиглий ліс віком 99 років, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*), де у *A. europaeum* зареєстрована найменша

площа популяційного поля, найнижча популяційна щільність, найвищий індекс генеративності та низький індекс відновлюваності.

3.3. Морфоознаки рослин і популяцій *Asarum europaeum* у Геттінгенському лісі та вплив на них еколого-ценотичних чинників

3.3.1. Ознаки розміру й морфоструктури рослин та популяцій в умовах різних екосистем

Для оцінки стану особин *A. europaeum* на кожній з досліджуваних ділянок було застосовано морфометричний аналіз. Було досліджено 16 розмірних величин та проаналізовано їх середні значення (табл. 3.8.). Встановлено, що величини морфопараметрів, за винятком репродуктивного зусилля RE1, статистично достовірно змінювались за досліджуваними екосистемами (при $p=0,00000-0,00097$). Кожен із них проявляв значний рівень специфічності в розподілі величин за екосистемами, хоча при цьому встановлено й певні закономірності. Так популяція із екосистеми №2 (середньовіковий ліс із лісозаготівлею, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*) вирізнялась найменшими значеннями п'яти (31,3%) морфопараметрів: al, LAR, LWR, hWR, RE1. Тоді як в популяції із екосистеми №5 (перестійний ліс, який включений до системи лісогосподарського менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*) зареєстровано найбільші значення п'яти морфопараметрів, таких як Wl, h, Wg, A та al.



Таблиця 3.8.

Середні значення морфопараметрів ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$) рослини *Asarum europaeum* різних екосистем Геттінгенського лісу

Морфопараметри ²	Популяції досліджуваних екосистем							Довірчий рівень, p ¹
	№1 ⁺	№2 ⁺	№3 [»]	№5 [»]	№6 [»]	№7 [*]	№9 [*]	
W	1,64±0,10	2,11±0,10	1,45±0,07	2,02±0,10	1,33±0,07	1,35±0,05	1,74±0,10	0,00000*
Wl	0,65±0,04	0,73±0,05	0,62±0,03	0,91±0,05	0,61±0,03	0,61±0,02	0,70±0,04	0,00001*
h	13,16±0,42	11,03±0,27	11,34±0,36	13,62±0,37	11,29±0,41	12,06±0,25	9,70±0,36	0,00000*
Wg	0,18±0,01	0,23±0,01	0,18±0,01	0,26±0,01	0,19±0,02	0,16±0,00	0,21±0,019	0,00066*
Nl	2,36±0,12	2,76±0,11	2,09±0,05	2,06±0,04	2,00±0,00	2,00±0,00	2,13±0,07	0,00000*
Nfl	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	1,00±0,00	0,00008*
A	32,96±2,43	29,04±2,35	28,35±1,62	43,58±2,97	31,18±1,51	33,02±1,90	33,18±2,54	0,00000*
al	13,83±0,67	10,26±0,53	13,64±0,77	21,08±1,19	15,59±0,75	16,51±0,95	15,34±0,86	0,00000*
d	0,34±0,01	0,34±0,01	0,42±0,01	0,41±0,01	0,38±0,01	0,41±0,01	0,27±0,01	0,00000*
LAR	21,45±1,71	13,60±0,65	19,60±0,64	21,44±0,68	24,05±0,75	24,18±0,96	18,89±0,79	0,00000*
LWR	0,39±0,01	0,34±0,01	0,43±0,011	0,44±0,01	0,46±0,01	0,44±0,01	0,40±0,01	0,00000*
hWR	8,65±0,39	5,52±0,25	8,03±0,21	7,09±0,28	8,84±0,28	9,06±0,21	5,82±0,19	0,00000*
AdR	10,22±0,85	9,49±1,11	6,75±0,39	10,55±0,64	8,27±0,35	8,13±0,52	11,96±0,66	0,00000*
hdR	40,80±2,38	34,92±1,92	27,22±1,07	33,87±1,67	30,16±1,15	29,71±0,98	36,11±1,17	0,00000*
RE1	12,13±0,72	11,49±0,75	12,69±0,75	13,18±0,85	13,78±1,05	12,55±0,71	13,10±1,02	0,57289
RE2	0,67±0,06	0,93±0,08	0,69±0,05	0,63±0,04	0,60±0,05	0,56±0,04	0,73±0,06	0,00097*

Примітка: ¹ Тут і далі в дисертації наводяться значення довірчого рівня, встановлені на основі використання дисперсійного аналізу, а * позначено відмінності (взаємодії), статистично достовірні на рівні 95%

² В таблиці позначено

-  - найбільше значення
 - найменше значення

Був проаналізований не лише розподіл абсолютних значень морфопараметрів, а й ступінь їхнього варіювання. Встановлено, що значення коефіцієнту варіації значень морфопараметрів в популяціях загалом відповідали діапазону 15,09-71,78,%, що відповідає варіації від низького рівня варіювання до дуже високого. Однак здебільшого показники варіювання знаходились у межах 20,0-60,0%, тобто від середнього до великого (включно) (Додаток Е).

За результатами аналізу значень розмірних показників, встановлено, що у кожній екосистемі формуються рослини *A. europaeum* із специфічною морфоструктурою. З опорою на величини морфопараметрів, які доповнені побудовою діаграм, що унаочнюють інформацію про розподіл величин морфопараметрів за популяціями (Додаток Ж), з'ясовано наступне:

- відмінною ознакою рослин із екосистеми №2 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*) є не лише найменші значення площі одного листка (al), площі листків на одиницю фітомаси (LAR), фотосинтетичного зусилля (LWR), відносного приросту (hWR), фотосинтетичного зусилля (RE1), а й найбільші величини загальної фітомаси (W) та кількості листків;

- рослини із екосистеми №3 (стиглий ліс, включений до системи лісогосподарського менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) вирізнялись найбільшим діаметром стебла (d) при найменших значеннях загальної площі листкової поверхні (A), відношення листкової поверхні до діаметра стебла (AdR), співвідношення між висотою та діаметром (hdR);

- рослини екосистеми перестійного букового лісу (№6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) були найменшими за величинами загальної маси (W) та маси листків (Wl) при найбільших значеннях фотосинтетичного (LWR) та репродуктивного (RE1) зусилля. Рослини однієї із екосистем пралісу (№7, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*) також вирізнялись найменшою масою листків (Wl) та показників, що характеризують генеративну сферу (Wg та RE2);

- відмінною особливістю рослин екосистеми іншого пралісу (екосистема № 9) були найменші показники висоти та діаметру стебла при найбільших значеннях відношення листкової поверхні до діаметра стебла (AdR). Рослини із екосистеми середньовікового лісу кленово-букового лісу (екосистема №1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) вирізнялися лише найбільшими значенням співвідношення між висотою та діаметром (hdR) (Yaroshenko, Skliar, 2023).

Для узагальнення інформації про розмірні ознаки рослин *A. europaeum* був застосований кластерний аналіз, який був проведений з охопленням величин усіх морфопараметрів, що вивчались (рис. 3.29.). Він об'єктивно засвідчив високий рівень подібності (при значенні евклідової відстані 2,5 од.) популяцій із угруповань *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus* (екосистема №6) та *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum* (екосистема №7), а також наближеність до них (при значенні евклідової відстані 6,5 од.) популяції із угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* (екосистема №3).

Суттєвий рівень подібності (при значенні евклідової відстані 7,3 од.) продемонстрували популяції із екосистеми середньовікового лісу (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*, екосистема №1) та пралісу (угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*, екосистема №9). Вважаємо, що прояв зазначеної особливості є результатом й того, що ці популяції мають близькі значення величин популяційної щільності ($16,9 \pm 3,18$ шт./м² та $15,1 \pm 6,14$ шт./м², відповідно).

Разом з тим, популяція із угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* (екосистема №5) не увійшла до складу жодного із кластерів. Вона є відокремленою від усіх популяцій при значенні евклідової відстані 13 од. Цей факт об'єктивно засвідчує високий рівень специфічності розмірних показників рослин, що її формують.

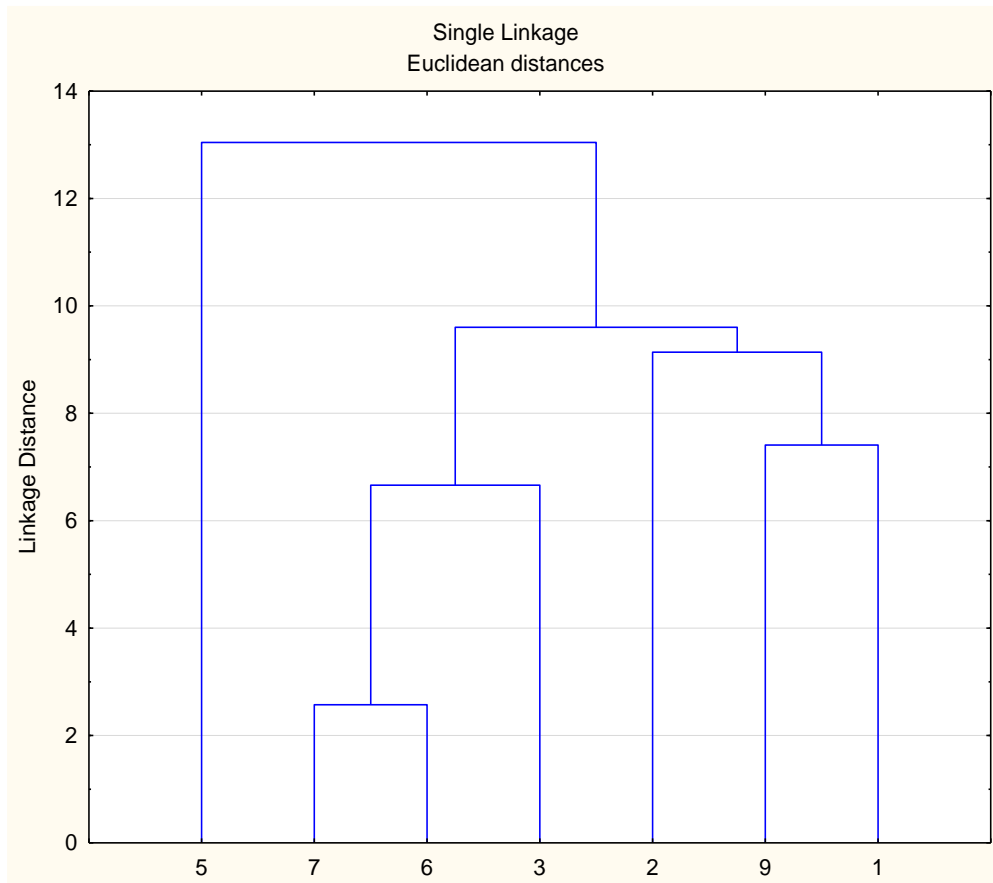


Рис. 3.29. Результати кластерного аналізу популяцій *Asarum europaeum* за комплексом величин морфопараметрів (нумерація популяцій відповідає табл. 3.1)

3.3.2. Оцінка морфологічної мінливості та пластичності у рослин і популяцій *Asarum europaeum*

Проведений аналіз абсолютних значень морфопараметрів засвідчив прояв у них мінливості (зміну величин у межах популяції) та пластичності (зміну середніх значень за популяціями). Оцінка вираженості у рослин та популяцій *A. europaeum* морфологічної мінливості та пластичності була здійснена з опорою на значення чотирьох морфопараметрів (W - загальна фітомаса, W_1 - фітомаса листків, A - листкова поверхня, a_1 - середня площа окремого листка), які за результатами факторного аналізу продемонстрували найбільші факторні навантаження.

Згідно з встановленим алгоритмом, насамперед було визначено показники варіювання середніх значень обраних морфопараметрів як ознаки їхньої пластичності (табл. 3.9.).

Таблиця 3.9.

Варіювання середніх значень морфопараметрів
як ознаки пластичності популяції *Asarum europaeum* L.

Показники варіювання	Морфопараметри та їх одиниці вимірювання			
	W, г	Wl, г	A, см ²	al, см ²
Коефіцієнт варіації V, %	18,82	15,59	15,26	21,71
Розмах варіації, R	0,78	0,30	15,23	10,82
Рівень варіювання	невеликий	невеликий	невеликий	середній

З метою оцінки мінливості *A. europaeum* було визначено коефіцієнти варіації і величини розмаху варіації морфопараметрів у межах досліджуваних екосистем (табл. 3.10) та розраховано їхні середні арифметичні показники варіювання як ознаки мінливості (табл. 3.11).

Таблиця 3.10.

Коефіцієнти варіації (V) та розмах варіації (R) морфопараметрів
Asarum europaeum

№ екосистеми	Морфопараметри та їх одиниці вимірювання							
	W, г		Wl, г		A, см ²		al, см ²	
	V, %	R	V, %	R	V, %	R	V, %	R
1 ⁺	34,29	2,29	35,13	0,94	40,53	57,03	26,83	15,35
2 ⁺	28,17	2,25	40,51	1,12	44,36	50,37	28,59	11,08
3 [»]	27,30	1,31	29,70	0,65	31,97	36,28	31,60	17,63
5 [»]	28,74	2,36	35,04	1,21	37,37	90,78	30,93	27,90
6 [»]	31,83	1,57	29,38	0,61	26,57	34,93	26,57	17,46
7*	20,22	0,96	26,66	0,63	31,58	40,51	31,58	20,25
9*	32,27	2,10	32,27	0,80	41,96	65,26	31,03	18,80

Таблиця 3.11.

Середні показники коефіцієнтів варіації і розмаху варіації
як ознаки мінливості морфопараметрів *Asarum europaeum*

Показники варіювання	Морфопараметри та їх одиниці вимірювання			
	W, г.	Wl, г	A, см ²	al, см ²
Коефіцієнт варіації V, %	28,97 ±1,74	32,67±1,75	36,33±2,45	29,59±0,84
Розмах варіації, R	1,83±0,21	0,85±0,09	53,59±7,50	18,35±1,94
Рівень варіювання	середній	середній	середній	середній

Встановлено, що у популяції *A. europaicum* за ознаками пластичності майже в усіх проаналізованих морфопараметрах проявляється невелике варіювання, тоді як за ознаками їхньої мінливості спостерігається виключно середній рівень варіювання. За ознакою пластичності найвищий коефіцієнт варіації (21,71%) зареєстровано у середньої площі окремого листка, а найменший (15,26%) – у листової поверхні. За ознакою мінливості, навпаки, найвищий коефіцієнт варіації (36,33%) у листової поверхні, а найнижчий (28,97%) – у загальної фітомаси.

У підсумку у популяції *Asarum europaicum* за усіма обраними морфопараметрами показники мінливості перевищують показники пластичності: у загальної фітомаси (W) – коефіцієнт варіації більший у 1,5 рази, розмах варіації - у 2,3 рази; у маси листків (Wl) - коефіцієнт варіації більший у 2,1 рази, розмах варіації - у 2,8 рази; у загальної площі листової поверхні (A) - коефіцієнт варіації більший у 3,2 рази, розмах варіації - у 3,5 рази; у площі одного листка (al) - коефіцієнт варіації більший у 1,4 рази, розмах варіації - у 1,7 рази.

Отже, проведений аналіз об'єктивно засвідчив, що функціонування популяції *A. europaicum* відбувається при реалізації як морфологічної пластичності, так і мінливості, а також значущість внутрішньо-популяційного варіювання для формуванні у популяції *A. europaicum* морфоадаптації до умов місцезростань.

3.3.3. Оцінка впливу на значення морфопараметрів еколого-ценотичних чинників

На основі застосування засад прямого градієнтного аналізу розмірних ознак рослин *A. europaicum* з опорою на розрахункову процедуру дисперсійного аналізу встановлено, що зазначені особливості в розподілі їхніх значень та морфоструктури дійсно є результатом реагування на дію різноманітних еколого-ценотичних чинників (табл. 3.12.; 3.13.).

Таблиця 3.12.

Вплив провідних екологічних чинників на величини морфопараметрів рослин *Asarum europaeum*¹ (I)

Морфопараметри	Чинники											
	вік ярусу деревостану			система лісокористування			видовий склад ярусу деревостану			видовий склад домінантів ярусу трав		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	10,746	0,000000	20,77	6,061	0,002763	5,51	18,177	0,000000	20,85	1,013	0,364747	0,97
Wl	7,088	0,000004	14,74	1,094	0,336755	1,04	8,560	0,000022	11,04	0,890	0,412262	0,85
h	11,911	0,000000	22,51	6,137	0,002574	5,57	9,302	0,000008	11,88	15,556	0,000001	13,01
Wg	4,028	0,001653	8,94	0,9421	0,391471	0,90	6,1998	0,000472	8,24	0,7285	0,483859	0,70
NI	12,777	0,000000	23,76	30,885	0,000000	22,90	10,092	0,000003	12,76	11,731	0,000015	10,14
A	5,744	0,000055	12,29	1,168	0,313121	1,1	2,734	0,044714	3,81	0,925	0,398058	0,88
al	15,823	0,000000	27,84	15,921	0,000000	13,28	2,004	0,114485	2,82	8,216	0,000368	7,32
d	19,409	0,000000	31,13!	15,297	0,000001	12,82	5,884	0,000713	7,86	32,466	0,000000	23,79
LAR	9,081	0,000000	18,13	10,334	0,000053	9,04	8,789	0,000016	11,30	3,430	0,034243	3,19
LWR	12,662	0,000000	23,60	25,656	0,000000	19,79	6,542	0,000301	8,66	13,792	0,000000	11,71
hWR	16,138	0,000000	28,24	4,035	0,019087	3,74	14,940	0,000000	17,80	15,898	0,000000	13,26
AdR	7,607	0,000001	15,65	3,336	0,037490	3,11	5,4787	0,001215	7,36	8,638	0,000249	7,65
hdR	8,827	0,000000	17,71	12,640	0,000007	10,84	13,447	0,000000	16,31	7,866	0,000509	7,03
RE1	0,875	0,498496	2,09	1,682	0,188443	1,59	0,544	0,652508	0,78	1,528	0,219293	1,45
RE2	2,6884	0,022330	6,15	4,2524	0,015486	3,93	2,2395	0,084759	3,14	1,4162	0,244961	1,34

Прод. Таблица 3.12.

Морфопараметри	Чинники											
	загальне проективне покриття ярусу трав			проективне покриття домінанта			популяційна щільність <i>A. europaeum</i>			рельєф		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	6,804	0,000214	8,98	11,808	0,000000	22,36	14,288	0,000000	21,72	1,268	0,261467	0,60
Wl	10,146	0,000003	12,82	7,048	0,000004	14,67	8,897	0,000001	14,73	7,729	0,005929	3,57
h	11,149	0,000001	13,91	10,996	0,000000	21,15	7,366	0,000015	12,51	8,686	0,003570	3,99
Wg	4,7267	0,003269	6,41	3,937	0,001978	8,76	5,6842	0,000233	9,94	2,3855	0,123980	1,13
Nl	7,575	0,000078	9,89	16,088	0,000000	28,18	16,667	0,000000	24,45	5,667	0,018183	2,64
A	9,664	0,000005	12,86	6,091	0,000028	12,94	7,515	0,000011	12,73	4,080	0,044671	1,91
al	21,269	0,000000	23,56	18,019	0,000000	30,53	22,070	0,000000	30,0	13,617	0,000286	6,12
d	10,306	0,000002	13,00	7,134	0,000004	14,82	14,493	0,000000	21,96	30,579	0,000000	12,76
LAR	1,535	0,206525	2,18	13,289	0,000000	24,48	16,921	0,000000	24,73	0,006	0,939712	0,002
LWR	3,446	0,017631	4,76	13,993	0,000000	25,45	12,985	0,000000	20,14	6,128	0,014099	2,85
hWR	1,304	0,274031	1,86	15,124	0,000000	26,95	17,433	0,000000	25,29	0,001	0,971797	0,0005
AdR	5,9713	0,000636	7,96	4,363	0,000853	9,62	5,7598	0,000206	10,06	2,5804	0,109706	1,22
hdR	6,090	0,000545	8,11	8,522	0,000000	17,21	6,610	0,000050	11,38	7,424	0,006982	3,43
RE1	0,194	0,900734	0,28	0,890	0,488531	2,13	0,684	0,603437	1,31	0,206	0,650572	0,10
RE2	0,9569	0,414074	1,37	3,7223	0,003018	8,32	5,0797	0,000635	8,98	0,4401	0,507801	0,21

Прод. Таблица 3.12.

Морфопараметри	Чинники											
	освітленість			вологість ґрунту			вміст органічних речовин			кислотність ґрунту		
	F	p ¹	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	11,739	0,000000	25,67	9,239	0,000000	18,34	12,057	0,000000	22,73	12,707	0,000000	23,66
Wl	6,272	0,000005	15,57	2,788	0,018461	6,37	7,465	0,000002	15,40	7,464	0,000002	15,40
h	13,612	0,000000	28,59	11,271	0,000000	21,56	14,570	0,000000	26,22	12,880	0,000000	23,90
W _g	4,099	0,000660	10,75	2,5236	0,030491	5,80	4,791	0,000365	10,46	4,942	0,000271	10,76
Nl	13,709	0,000000	28,73	16,508	0,000000	28,71	7,962	0,000001	16,26	13,343	0,000000	24,55
A	5,052	0,000075	12,94	1,262	0,281838	2,99	5,705	0,000060	12,21	6,020	0,000032	12,80
al	15,173	0,000000	30,86	8,718	0,000000	17,53	13,497	0,000000	24,77	17,675	0,000000	30,12
d	16,103	0,000000	32,14	19,389	0,000000	32,11	16,279	0,000000	28,42	18,328	0,000000	30,89
LAR	14,396	0,000000	29,75	16,821	0,000000	29,09	13,287	0,000000	24,48	16,322	0,000000	28,47
LWR	13,049	0,000000	27,73	15,624	0,000000	27,59	11,888	0,000000	22,48	11,200	0,000000	21,46
hWR	28,849	0,00	45,90	32,568	0,00	44,70!	34,557	0,00	45,74!	34,694	0,000000	45,83!
AdR	6,415	0,000003	15,87	4,382	0,000822	9,65	6,280	0,000019	13,28	6,816	0,000007	14,26
hdR	8,758	0,000000	20,48	8,333	0,000000	16,89	10,488	0,000000	20,40	5,285	0,000137	11,42
RE1	0,773	0,591664	2,22	0,898	0,483059	2,14	0,570	0,722949	1,37	0,549	0,739135	1,32
RE2	3,7952	0,001318	10,04	4,4813	0,000675	9,85	3,5054	0,004616	7,88	4,4343	0,000741	9,76

Примітка: тут і у таблицях 4.11-4.13, 5.12, червоним кольором позначені випадки, які відповідають статистично-достовірним (на рівні 95%) впливам екоциників

Узагальнення даних про силу впливу екочинників дозволило диференціювати їх за ступенем впливу на морфопараметри рослин *A. europaeum* (табл. 3.13.). Доведено потужний вплив таких чинників як кислотність (рН) ґрунту, вміст у ньому органічних речовин, вік деревостану, освітленість під його наметом, проєктивного покриття ярусу трав та популяційної щільності (Yaroshenko, Skliar, 2022).

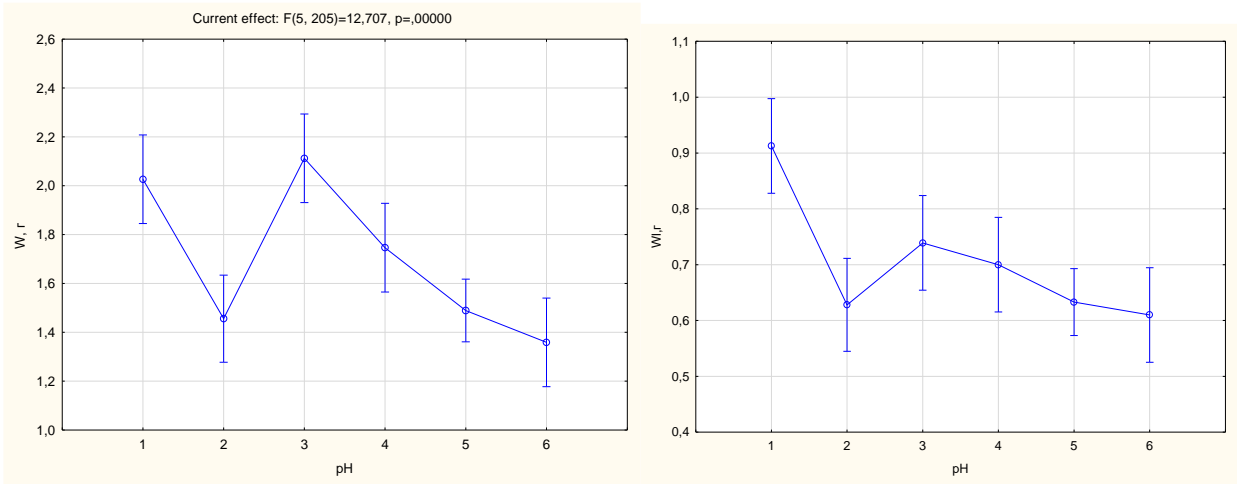
Таблиця 3.13.

Узагальнена інформація про силу впливу провідних екочинників на морфопараметри рослин *Asarum europaeum* Геттінгенського лісу

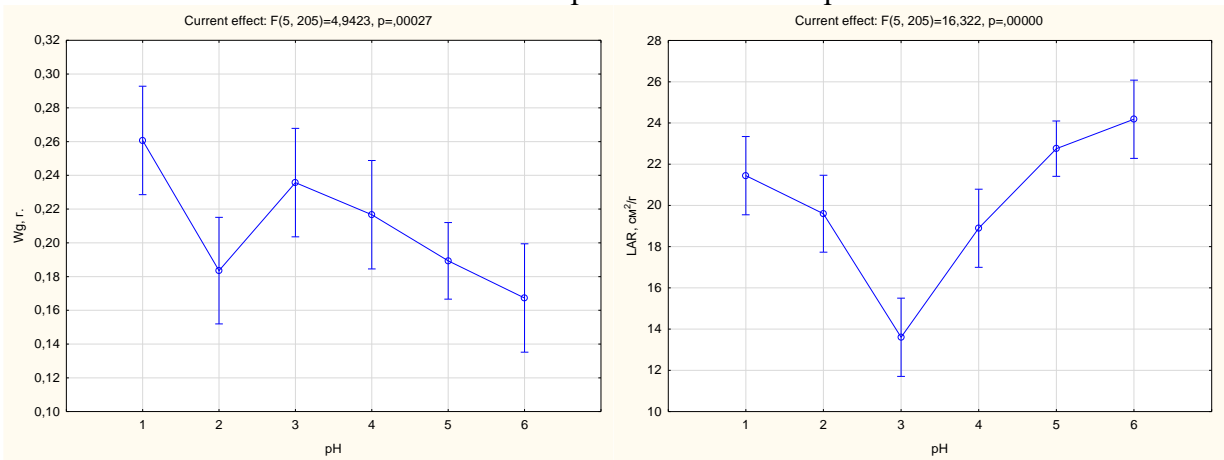
Чинник	Кількість (частка) морфопараметрів, на які чинник проявив статистично достовірний вплив	Сила впливу для статистично достовірних впливів, %
Кислотність ґрунту	14 (87,5%)	9,76-45,83
Вміст органічних речовин в ґрунті	14 (87,5%)	7,88-45,74
Вік деревостанів	14 (87,5%)	6,15-31,13
Освітленість	14 (87,5%)	10,04-28,73
Проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав	14 (87,5%)	8,76-30,53
Популяційна щільність	14 (87,5%)	8,98-25,29
Вологість ґрунту	13 (81,5%)	5,80-44,70
Видовий склад ярусу деревостану	12 (75,0%)	7,36-20,85
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	11 (68,8%)	4,76-23,56
Система лісокористування	11 (68,8%)	3,11-22,90
Вид-домінант ярусу трав	9 (56,25%)	3,19-23,79
Рельєф	8 (50,0%)	1,91-6,12

Показник репродуктивного зусилля (RE1) виявився одним морфопараметром, на який жоден із досліджуваних екоцифр не проявив статистично достовірного впливу. Це засвідчує сталість в архітектоніці рослин *A. europaeum* пропорцій між загальною фітомасою рослин та масою речовин, які спрямовуються на формування генеративних органів. Це, у свою чергу, вказує на те, що показники даної характеристики більшою мірою визначаються впливом ендогенних чинників (генетичних, фізіологічних тощо), ніж екзогенних.

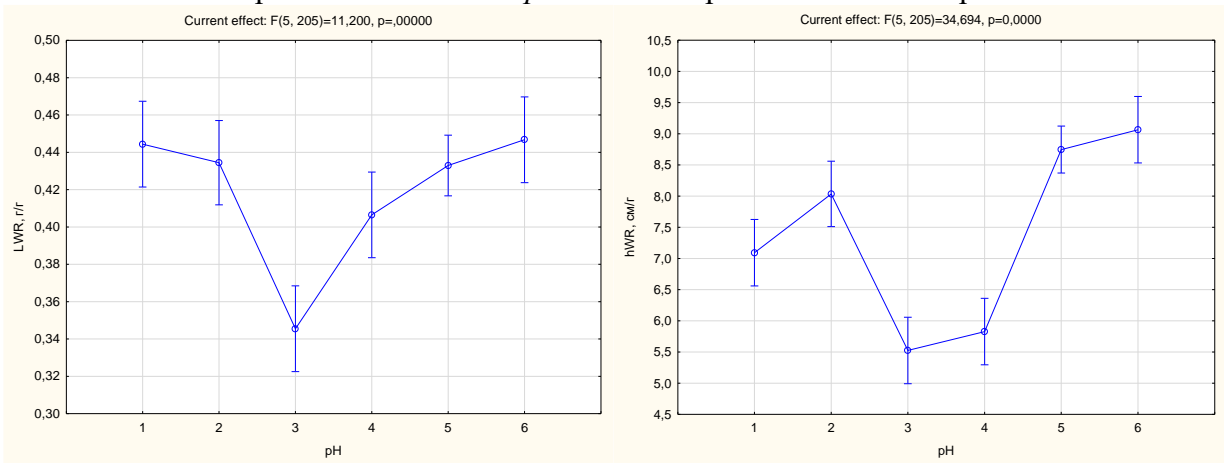
У характері реагування морфопараметрів на вплив зазначених екоцифр, як і при загальній зміні їх величин за екосистемами, також проявився високий рівень ознакоспецифічності. Це, наприклад, наочно демонструють вісім графіків, що наведені нижче, які відображують характер реагування величин морфопараметрів на зміну кислотності ґрунту. При цьому, на тлі чітко вираженої ознакоспецифічності у низки статичних метричних показників (загальної фітомаси рослин та маси листків, площі листової поверхні, маси генеративних органів) у межах досліджуваного діапазону величин рН спостерігається тенденція до зменшення величин морфопараметрів по мірі збільшення кислотності ґрунту. Особливо чітко ця тенденція проявляється у межах діапазону значень рН від 6,5 до 7,23. У статичних алометричних показників (площа листків на одиницю фітомаси, фотосинтетичного зусилля, відносного приросту тощо), навпаки, спостерігається тенденція до збільшення значень (рис. 3.30.). У таких морфопараметрів як висота та діаметр тенденція до зниження величин чітко проявляється у місцезростаннях, де показники рН знаходяться у межах 5,08–6,77 (рис. 3.31.- 3.32.).



Зміна величин загальної маси та маси листків рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників рН



Зміна величин маси генеративних органів та площі листків на одиницю фітомаси рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників рН



Зміна величин фотосинтетичного зусилля та величин відносного приросту у рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників рН

Рисунок 3.30. Зміна морфопараметрів *Asarum europaeum* на тлі різних показників рН (нумерація на рисунку відповідає наступним показникам рН: 1 – 5,08; 2 – 5,55; 3 – 6,5; 4 – 6,77; 5 – 7,0; 6 – 7,23)

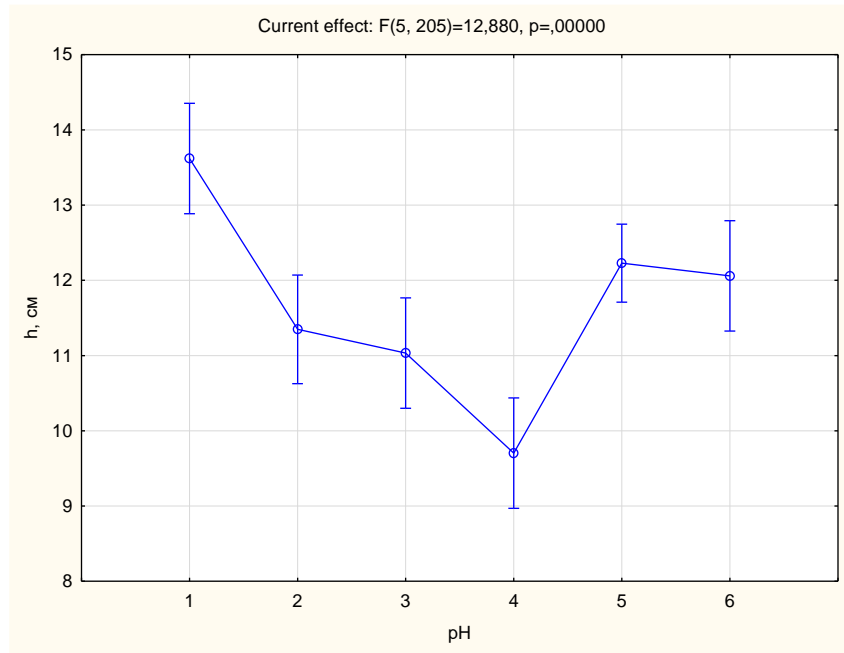


Рисунок 3.31. Зміна величин висоти рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників рН (нумерація на рисунку відповідає наступним показникам рН: 1 – 5,08; 2 – 5,55; 3 – 6,5; 4 – 6,77; 5 – 7,0; 6 – 7,23)

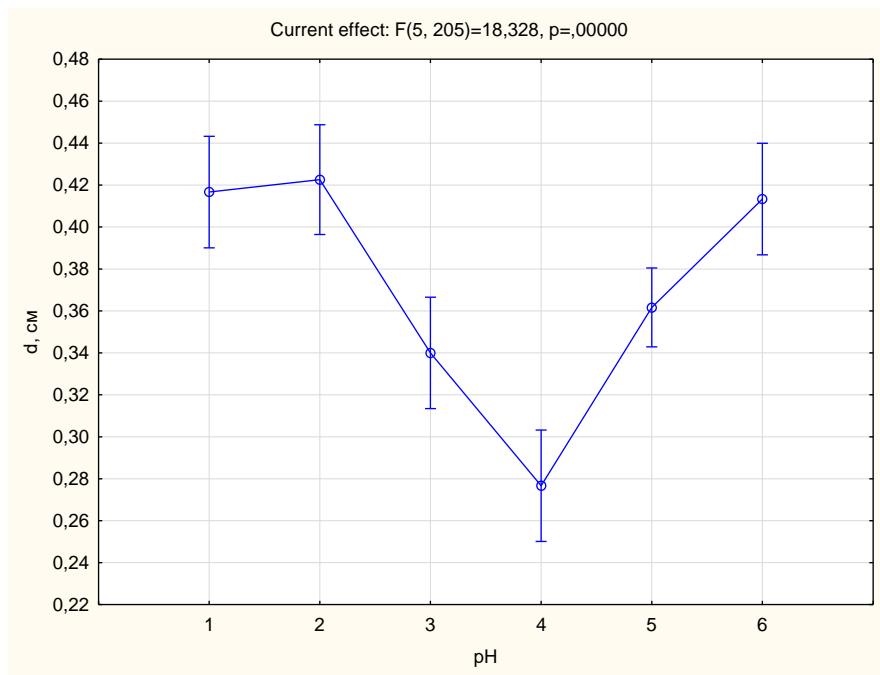
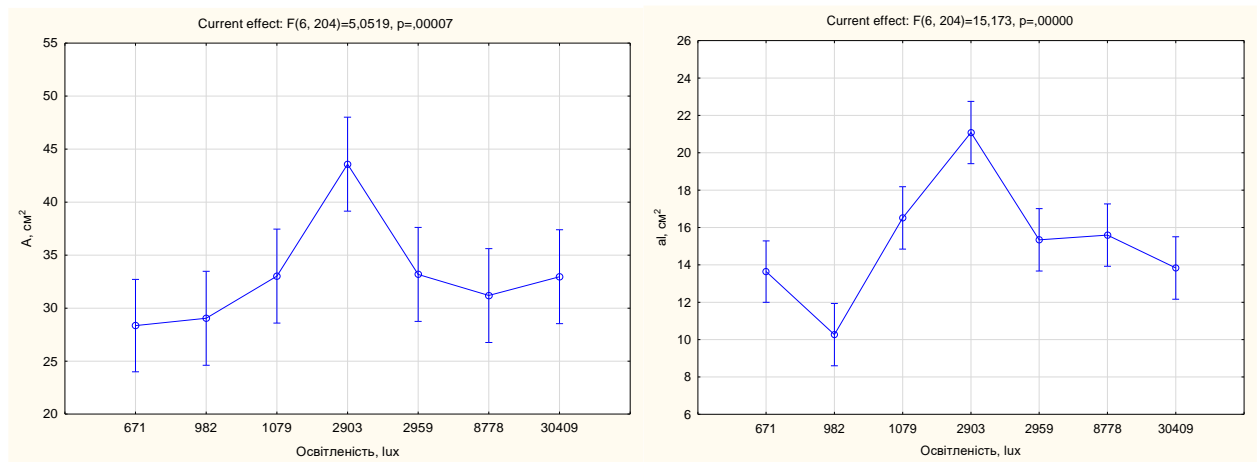
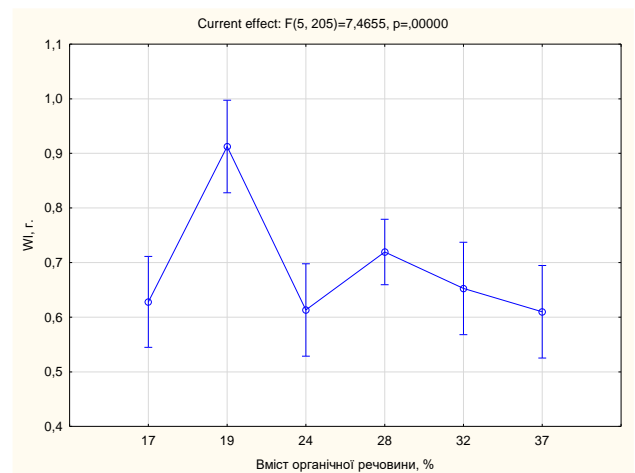


Рисунок 3.32. Зміна величин діаметру у рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників рН (нумерація на рисунку відповідає наступним показникам рН: 1 – 5,08; 2 – 5,55; 3 – 6,5; 4 – 6,77; 5 – 7,0; 6 – 7,23)

Найбільші значення статичних метричних морфопараметрів (загальної площі листової поверхні, площі одного листка тощо) здебільшого реєструвались у фітоценозах із освітленістю у 2903 Лк. Найбільші величини показників низки статичних метричних морфопараметрів (загальної маси листків, площі одного листка тощо) здебільшого припадали на місцезростання, де вміст органічних речовин у ґрунті становив близько 19% (рис. 3.33).



Зміна величин загальної площі листової поверхні та площі одного листка у рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників освітленості під наметом лісу



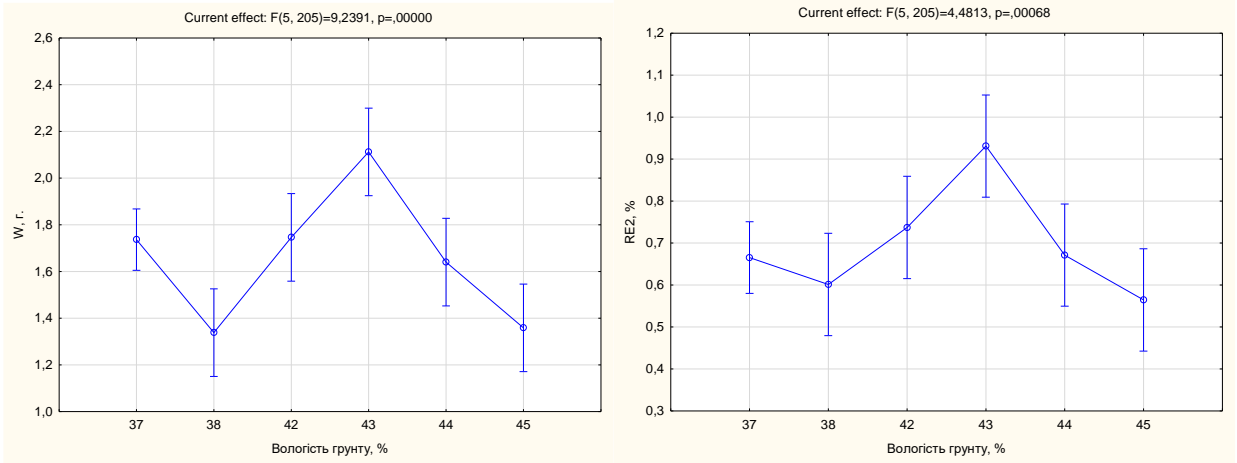
Зміна величин площі одного листка та загальної маси листків у рослин *Asarum europaeum* на тлі різних показників вмісту органічної речовини в ґрунті

Рисунок 3.33. Зміна величин морфопараметрів *Asarum europaeum* на тлі різних показників освітленості під наметом лісу та вмісту органічної речовини в ґрунті

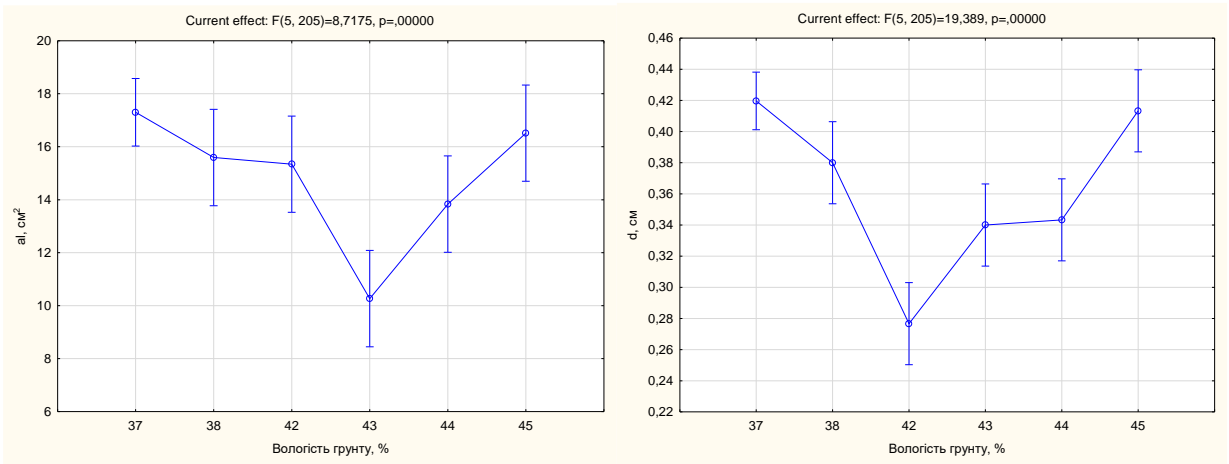
Найвищі значення абсолютної більшості статичних метричних показників реєструвались у місцезростаннях із вологістю ґрунту близько 43 % (43,0–43,78%). Це характерно й для показника репродуктивного зусилля (RE2). Навпаки, у показників площі одного листка та діаметра пагону при зазначеній вологості відзначено найменші або одні з найменших значень. Така ж особливість проявилась й у низки статичних алометричних показників: відносного приросту, площі листків на одиницю фітомаси, фотосинтетичного зусилля (рис. 3.34.).

При аналізі впливу ценотичних чинників на величини морфопараметрів рослин *A. europaeum*, встановлено, що найбільші значення низки морфопараметрів реєструються в лісах віком 118–148 років (рис. 3.35.). У свою чергу найменшими величинами морфопараметрів зазвичай вирізняються ясеневі-букові та монодомінантні букові ліси (рис. 3.36.). Найбільші значення більшості статичних метричних показників припадають на екосистеми із загальним проєктивним покриттям ярусу трав на рівні 70% (рис. 3.37.), а проєктивне покриття вида-домінанта - на рівні 50% (рис. 3.38.). Найбільші значення морфопараметрів здебільшого припадали на екосистеми із домінуванням у ярусі трав *Anemone nemorosa*, рідше - *Allium ursinum* (рис. 3.39.). Окрім того, найбільшими значеннями морфопараметрів здебільшого вирізняються популяції *A. europaeum*, в яких показники популяційної щільності цього виду відповідають діапазону 24-42 шт./м² (рис. 3.40.).

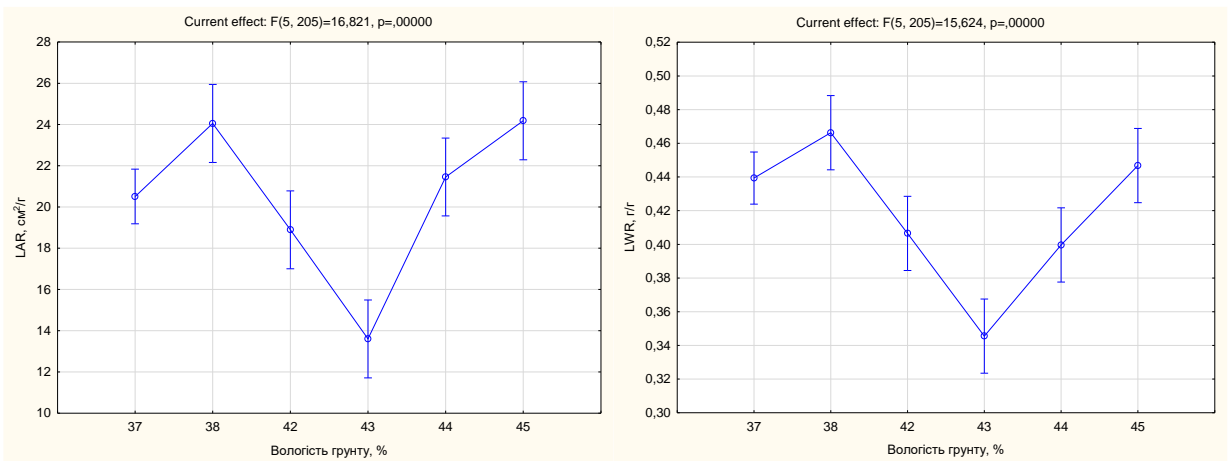
Найбільші значення усіх статичних метричних показників та більшості алометричних (LAR, LWR тощо) були зареєстровані в місцезростаннях, які відповідали затіненому схилу (схилу північної експозиції). Винятком були показники ADR, відносного приросту, репродуктивного зусилля (RE2), у яких найбільші показники зареєстровані в місцезростаннях, які відповідали сонячному схилу (схилу південної експозиції) (рис. 3.41.).



Зміна величин загальної фітомаси та репродуктивного зусилля (RE2) у рослин *Asarum europaeum* на тлі різної вологості ґрунту



Зміна величин площі одного листка та діаметра пагону у рослин *Asarum europaeum* на тлі різної вологості ґрунту



Зміна величин площі листків на одиницю фітомаси та фотосинтетичного зусилля у рослин *Asarum europaeum* на тлі різної вологості ґрунту

Рисунок 3.34. Зміна морфопараметрів *Asarum europaeum* на тлі різної вологості ґрунту

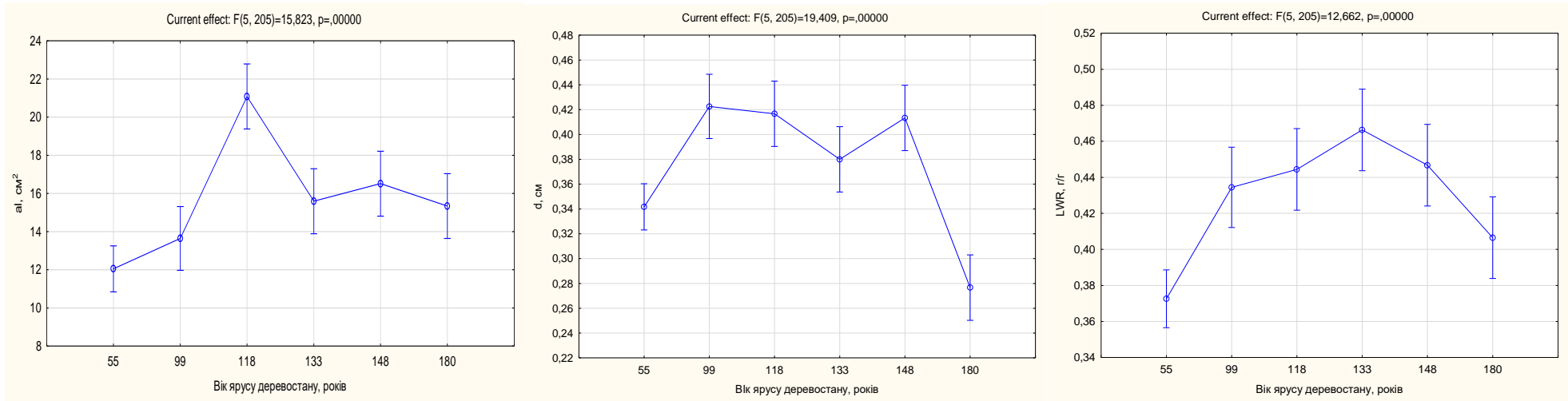


Рисунок 3.35. Зміна величин площі одного листка, діаметра пагону і фотосинтетичного зусилля у рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни віку дерев ярусу деревостану

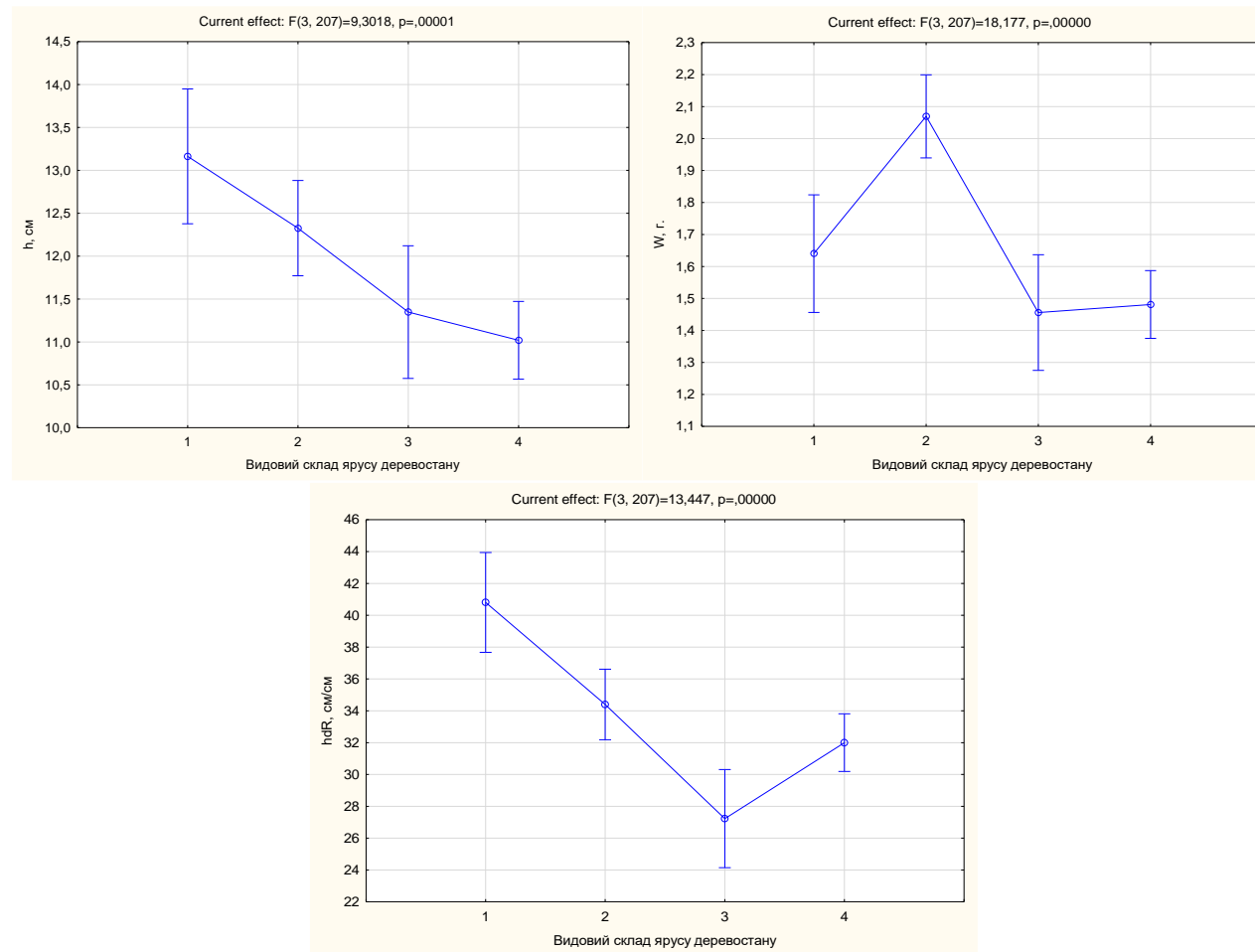


Рисунок 3.36. Зміна висоти рослин, загальної фітомаси і відношення листкової поверхні до діаметра пагону у рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни видового складу ярусу деревостану (1 - *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides*; 2 - *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 3 - *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 4 - *Fagus sylvatica*)

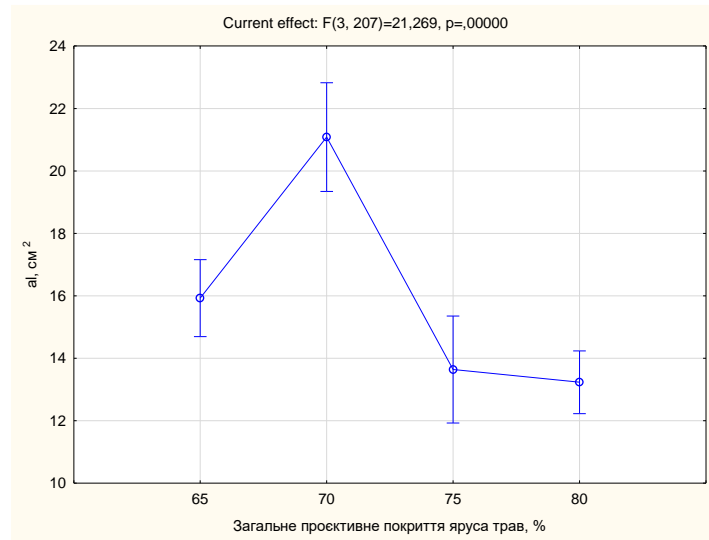


Рисунок 3.37. Зміна площі одного листка у рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни загального проєктивного покриття ярусу трав

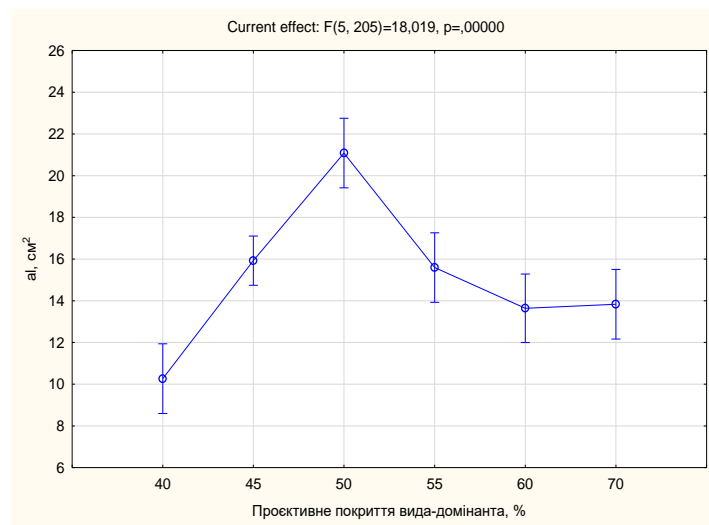
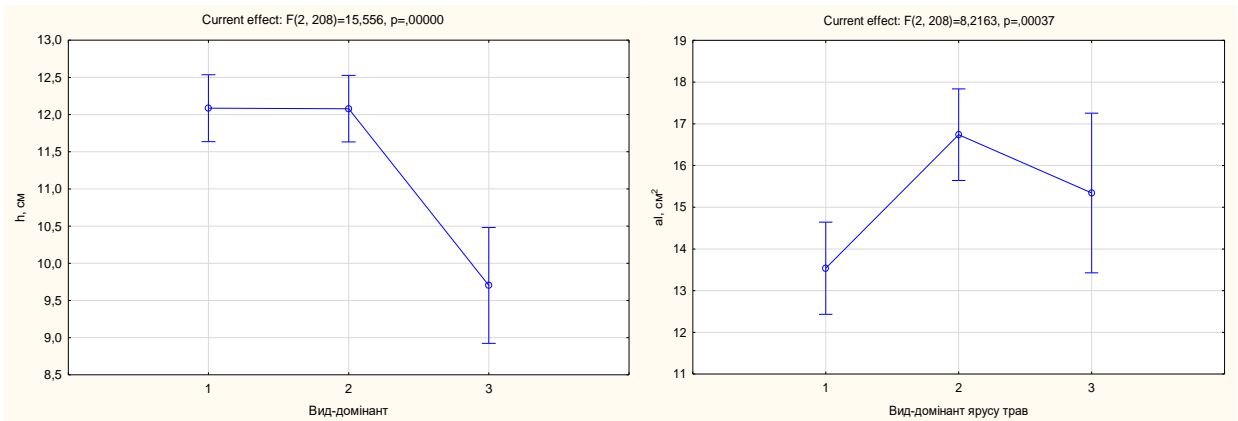
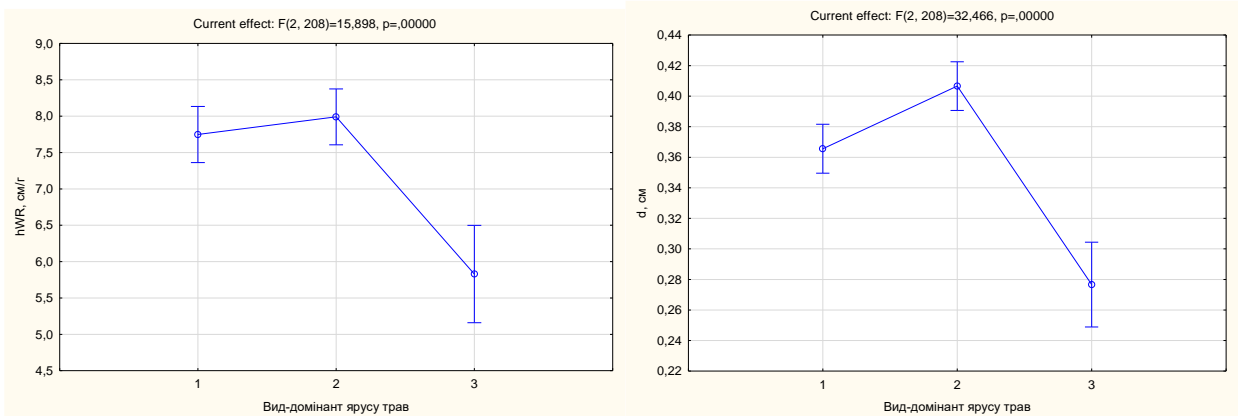


Рисунок 3.38. Зміна площі одного листка у рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни проєктивного покриття виду-домінанта

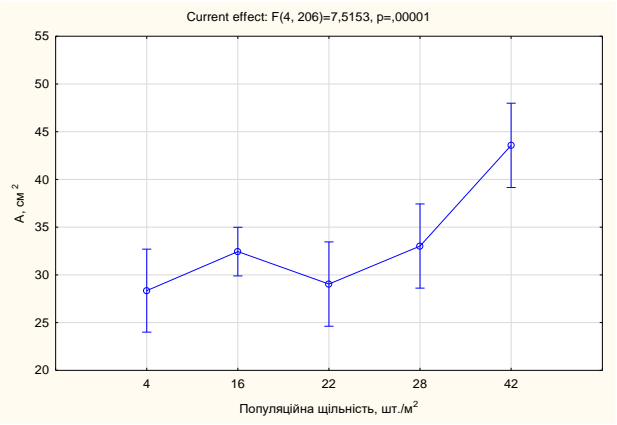
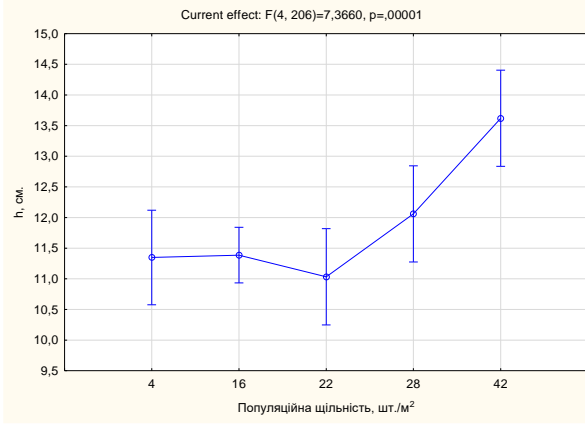


Значення висоти пагону та площі одного листка у рослин *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

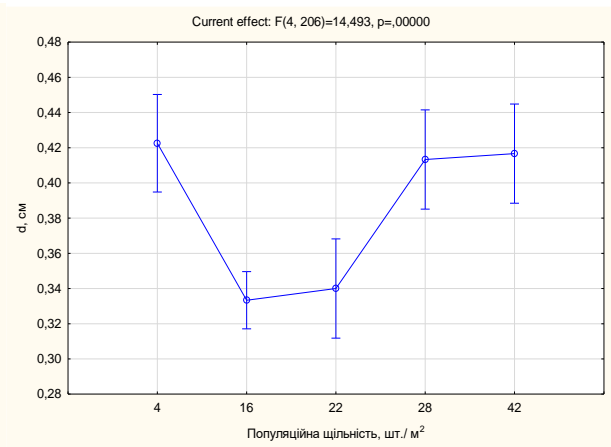
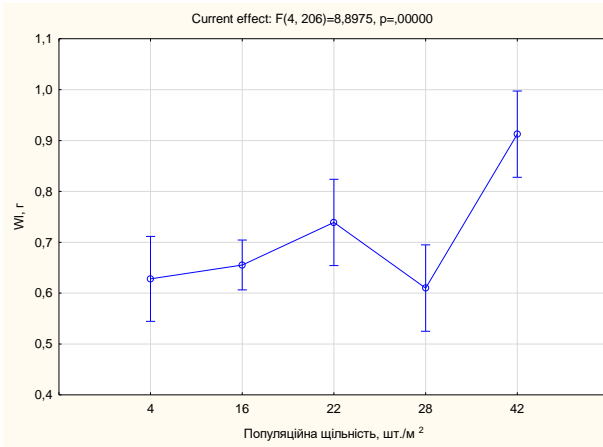


Значення відносного приросту та діаметра пагону у рослин *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

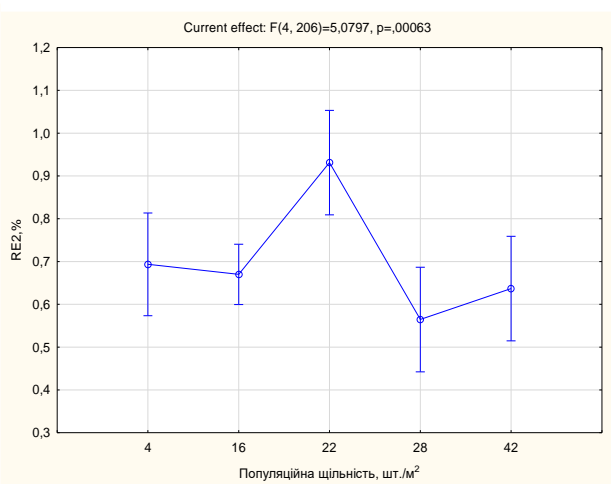
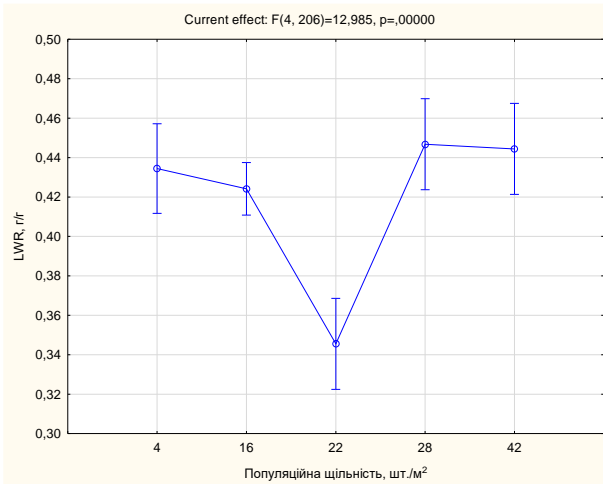
Рисунок 3.39. Значення морфопараметрів *Asarum europaeum* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*



Зміна висоти і площі листової поверхні рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни показників популяційної щільності

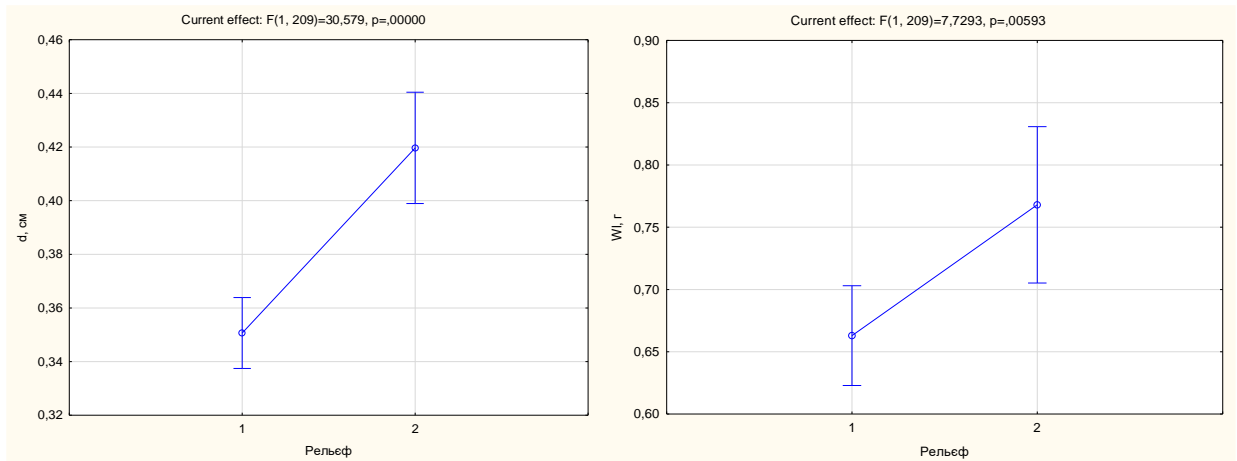


Зміна маси листків та діаметра пагону у рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни показників популяційної щільності

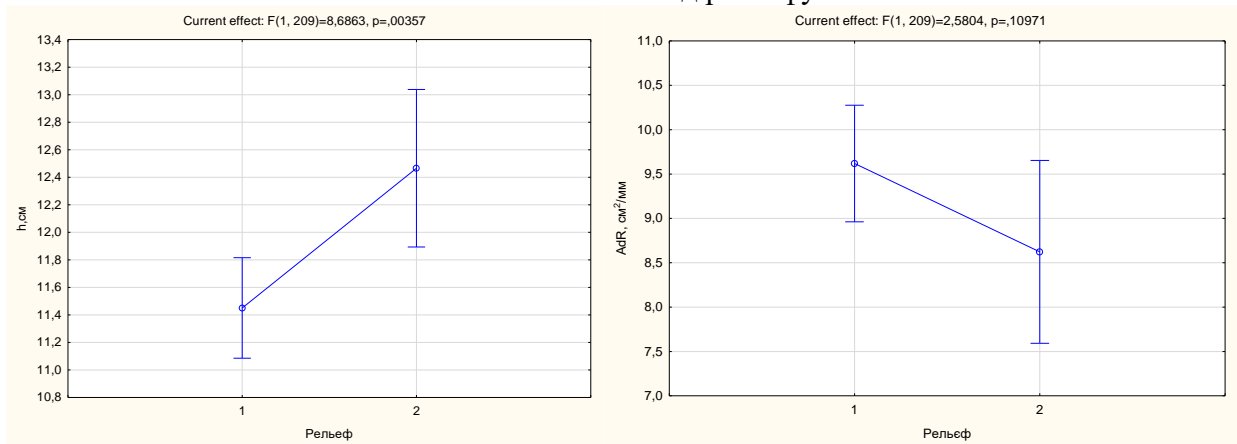


Зміна фотосинтетичного та репродуктивного зусилля (RE2) у рослин *Asarum europaeum* на тлі зміни показників популяційної щільності

Рисунок 3.40. Зміна морфопараметрів *Asarum europaeum* на тлі зміни показників популяційної щільності



Зміна діаметра пагону та загальної фітомаси у рослин *Asarum europaeum* залежно від рельєфу

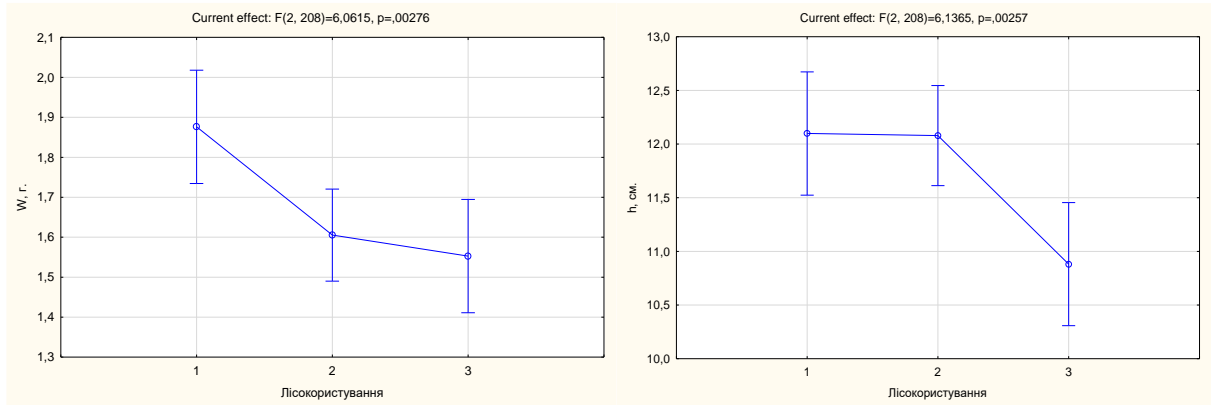


Зміна висоти пагону та відношення листкової поверхні до діаметра пагону рослин *Asarum europaeum* залежно від рельєфу

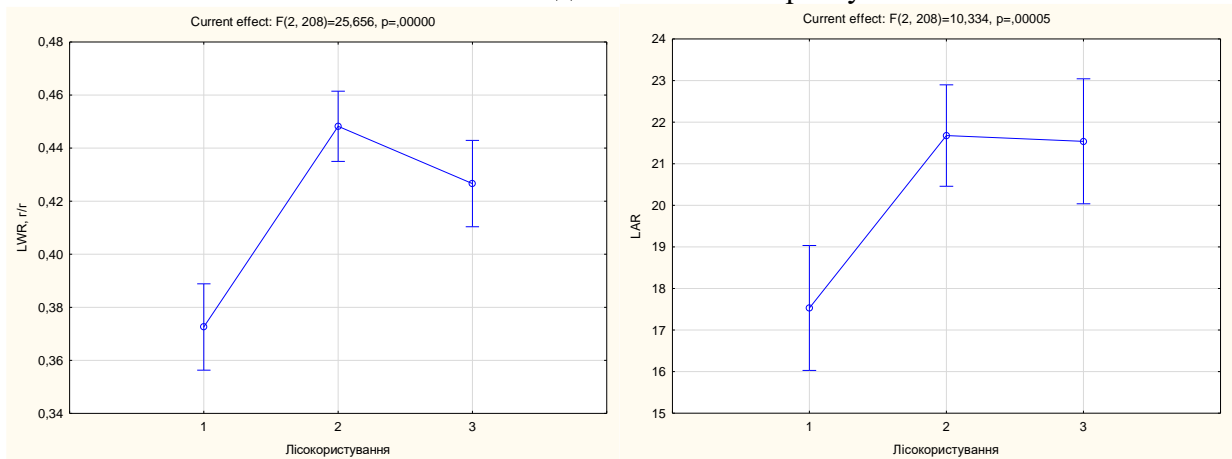
Рисунок 3.41. Зміна морфопараметрів у рослин *Asarum europaeum* залежно від рельєфу (1 – сонячний схил – схил південної експозиції; 2 – тіньовий схил – схил північної експозиції)

У реагуванні величин морфопараметрів на систему лісокористування проявився значний ступінь ознакоспецифічності. У низки статичних метричних показників (маси рослин та листків, кількості листків, маси генеративних органів) проявилась тенденція до зменшення величин від екосистем, які включені в систему ведення лісового господарства, до пралісів. У таких показників як площі одного листка та загальної площі листків найбільші значення відповідали екосистемам, у яких запроваджено екологічний менеджмент. Їм дещо поступаються значення морфопараметрів популяцій пралісів. Ця тенденція зареєстрована й у низки алометричних

показників (площа листків на одиницю фітомаси, фотосинтетичне зусилля тощо) (рис. 3.42.).



Зміна загальної фітомаси та висоти рослин *Asarum europaeum* залежно від системи лісокористування



Зміна фотосинтетичного зусилля та площі листків на одиницю фітомаси у рослин *Asarum europaeum* залежно від системи лісокористування

Рисунок 3.42. Зміна морфопараметрів у рослин *Asarum europaeum* залежно від системи лісокористування (1 – здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини; 2 – запроваджено лісгосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліс, запроваджено природоохоронний режим)

Отже, отримані дані об'єктивно засвідчили, що рослини *A. europaeum* на зміну еколого-ценотичних умов місцезростань Геттінгенського лісу чутливо реагують динамікою значень розмірно-морфометричних показників. Проведений аналіз змін величин морфопараметрів за градієнтами дозволив виявити показники, при яких значення статичних метричних величин *A. europaeum* досягають найбільших розмірів (тобто, виявити параметри еколого-ценотичного оптимуму для даної групи популяційних характеристик) (табл. 3.14).

Таблиця 3.14.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для статичних метричних морфопараметрів *Asarum europaeum* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 6,5
Вміст органічних речовин в ґрунті	19%
Вік деревостанів	118–148 років
Освітленість	2903 Лк
Популяційна щільність	24–42 шт./м ²
Вологість ґрунту	близько 43 % (43,0-43,78%)
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>)
Рельєф	схил північної експозиції
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	70%
Проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав	50%
Вид-домінант	<i>Anemone nemorosa</i>

3.4. Порівняння морфоознак рослин та популяцій *Asarum europaeum* різних регіонів

A. europaeum має широкий ареал. Він поширений майже по усій Європі (рис. 3.43.). Нами було проведено порівняння морфометричних ознак рослин та популяцій *A. europaeum*, які зростають у різних його частинах, а саме у Геттінгенському лісі (Німеччина) (див. табл. 3.6) та у широколистяних лісах Сумського геоботанічного округу (Україна) (табл. 3.15).

У лісах Сумського геоботанічного округу у популяції *A. europaeum* за досліджуваними фітоценозами статистично достовірні відмінності (при $p=0,0000$) зареєстровані у значень 60% морфопараметрів (висоти, загальної маси та маси листків, загальної площі листової поверхні, маси та площі одного листка). При цьому величини статичних алометричних показників (LAR, LWR, hWR) не проявляли статистично достовірного реагування на зміну місцезростань (при $p=0,2128-0,8577$). При цьому в умовах Геттінгенського лісу на зміну еколого-ценотичних умов місцезростань за фітоценозами статистично достовірно не зреагував лише один морфопараметр (RE1).

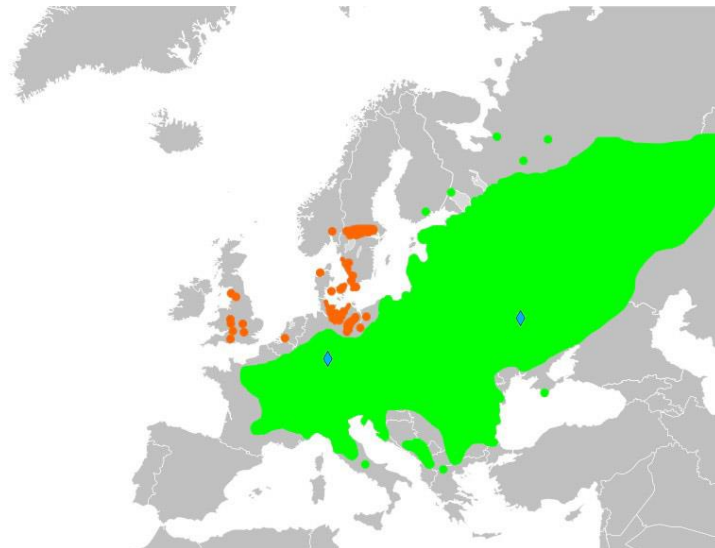


Рисунок 3.43. Ареал *Asarum europaeum* L.
(за даними [h0ttps://uk.wikipedia.org/wiki/Копитняк_європейський](https://uk.wikipedia.org/wiki/Копитняк_європейський)).

◆ Позначено регіони проведення досліджень

Таблиця 3.15.

Величини морфопараметрів рослин *Asarum europaeum* у фітоценозах Сумського геоботанічного округу

№ популяції та її умовне позначення	Угруповання	Величини морфопараметрів ($\bar{X} \pm S_x$) та їхні одиниці вимірювання						
		h, см	NI, шт.	Wl, г	al, см ²	LAR, см ² /г	LWR, г/г	hWR, см/г
1S	<i>Acer platanoides</i> + <i>Tilia cordata</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	8,3±0,46	2,0±0,00	1,79±0,098	24,7±2,23	27,7±0,79	0,61±0,017	1,4±0,12
2S	<i>Tilia cordata</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Aegopodium podagraria</i>	12,9±0,33	2,0±0,00	2,34±0,201	59,5±5,11	26,6±0,49	0,52±0,092	1,3±0,08
3S	<i>Acer platanoides</i> + <i>Tilia cordata</i> – <i>Stellaria holostea</i> – зімкнутість 0,9	6,2±0,56	2,0±0,00	0,79±0,102	20,0±2,59	33,1±0,90	0,65±0,018	2,2±0,24
4S	<i>Acer platanoides</i> + <i>Tilia cordata</i> – <i>Stellaria holostea</i> – зімкнутість 0,6	10,4±0,32	2,0±0,00	2,15±0,106	51,6±2,55	28,0±0,52	0,58±0,011	1,1±0,05
5S	<i>Acer platanoides</i> – <i>Carex pilosa</i>	8,9±0,40	2,0±0,00	1,24±0,066	31,5±1,68	29,9±0,59	0,59±0,012	1,6±0,16
6S	<i>Acer platanoides</i> – <i>sparsi herbosum</i>	9,8±0,34	2,0±0,00	1,30±0,092	34,9±2,48	30,4±0,72	0,56±0,013	1,5±0,07
7S	<i>Quercus robur</i> + <i>Tilia cordata</i> – <i>Stellaria holostea</i>	9,7±0,35	2,0±0,00	1,50±0,132	31,8±2,86	36,9±12,65	0,85±0,292	2,1±0,61
	<i>Довірчий рівень, p</i>	0,0000*	1,0000	0,0000*	0,0000*	0,8577	0,6006	0,2128

У лісах Сумського геоботанічного округу найбільші значення майже усіх статичних метричних показників (окрім кількості листків) були зареєстровані у рослин, популяції яких зростають в угрупованні *Tilia cordata*+*Acer platanoides*–*Aegopodium podagraria*. За величинами цієї групи показників їм дещо (у 1,1-1,2 рази) поступаються рослини із угруповання *Acer platanoides*+*Tilia cordata*–*Stellaria holostea* (із загальною зімкнутістю верхніх ярусів лісу на рівні 0,6). Найменшими за показниками статичних метричних морфопараметрів були рослини *A. europaeum* із угруповання *Acer platanoides*+*Tilia cordata*–*Stellaria holostea*, зімкнутість верхніх ярусів в якому досягає 0,9.

Тобто, у кожному із досліджуваних фітоценозів Сумського геоботанічного округу, як і у Геттінгенському лісі, репрезентовано рослини із певними специфічними ознаками морфоструктури. Завдяки розробленим морфограмам, зокрема, було встановлено, що рослини популяції із екосистеми №6, які серед популяцій, що зростають у Геттінгенського лісі і вирізняються досить високими величинами значної частки морфопараметрів, за більшістю показників поступаються рослинам угруповання *Tilia cordata*+*Acer platanoides*–*Aegopodium podagraria*, у якому в умовах Сумського геоботанічного округу зареєстровано найбільші величини більшості морфопараметрів (рис. 3.44.).

За результатами порівняння величин морфопараметрів встановлено, що рослинам та популяціям *A. europaeum* Сумського геоботанічного округу притаманні вищі значення площі листків на одиницю фітомаси (LAR) та фотосинтетичного зусилля (LWR). Загалом це характерно й для значень загальної маси рослин, загальної маси листків та їхньої площі, а також для площі та маси одного листка (рис. 3.45, 3.46.).

Значенням абсолютної більшості морфопараметрів (70%) в умовах Сумського геоботанічного округу притаманний і вищий розмах варіювання показників (табл. 3.16.). На цьому тлі винятком є лише показники кількості листків та співвідношення між висотою та фітомасою (HWR): їхні абсолютні значення та розмах варіювання були більшими в умовах Геттінгенського лісу.

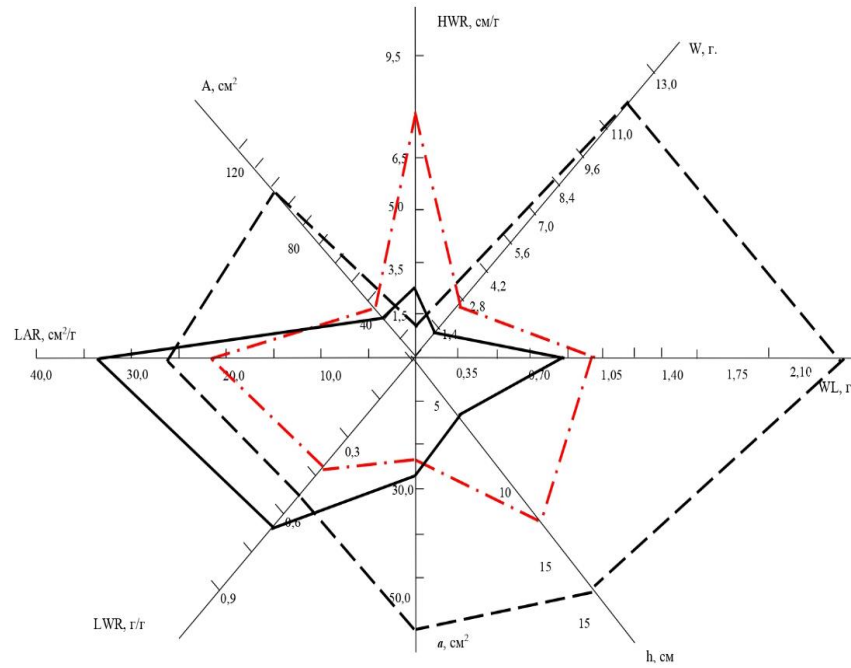


Рисунок 3.44. Морфограми рослин *Asarum europaeum* із різних екосистем, охоплених вивченням. На рисунку позначено морфограми рослин із наступних угруповань:

— — — із *Tilia cordata*+*Acer platanoides*–*Aegopodium podagraria* (Сумський геоботанічний округ)

———— із *Acer platanoides*+*Tilia cordata*–*Stellaria holostea* – зімкнутість 0,9 (Сумський геоботанічний округ)

— · — · — із екосистеми №6 (Геттінгенський ліс, Німеччина)

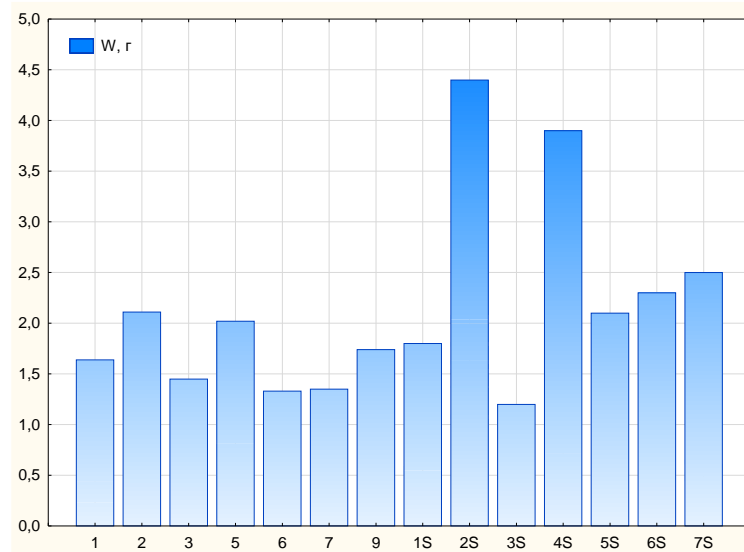


Рисунок 3.45. Середні значення загальної маси рослин в популяціях *Asarum europaeum*, які охоплені вивченням (№1-9, популяції Геттінгенського лісу, нумерація відповідає табл. 3.1; №1S-7S, популяції широколистяних лісів Сумського геоботанічного округу, нумерація відповідає табл. 3.15).

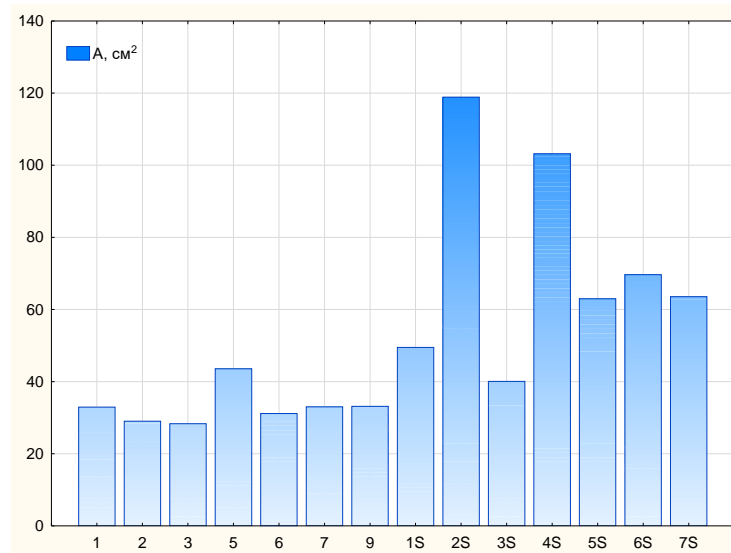


Рисунок 3.46. Середні значення площі листової поверхні рослин в популяціях *Asarum europaeum*, які охоплені вивченням (№1-9, популяції Геттінгенського лісу, нумерація відповідає табл. 3.1; №1S-7S, популяції широколистяних лісів Сумського геоботанічного округу, нумерація відповідає табл. 3.15).

Таблиця 3.16.

Узагальнення даних про середні значення морфопараметрів популяцій *Asarum europaeum* у різних регіонах

Морфопараметри,	Геттінгенський ліс		Сумський геоботанічний округ	
	діапазон середніх значень	розмах варіювання	діапазон середніх значень	розмах варіювання
h, см	9,07–13,62	4,55	6,2–12,9	6,7
W, г	1,33–2,11	0,78	1,2–4,4	3,2
Nl, шт.	2,0–2,76	0,76	2,0	0
Wl, г	0,61–0,91	0,30	0,79–2,34	1,55
A, см ²	28,35–43,58	15,23	40,1–118,9	78,8
a1, см ²	10,26–21,08	10,82	20,0–59,5	39,5
LAR, см ² /г	13,60–24,18	10,58	26,6–36,9	10,3
LWR, г/г	0,34–0,46	0,12	0,52–0,85	0,33
hWR, см/г	5,52–9,06	3,54	1,1–2,2	1,1

Отже, отримані дані об'єктивно засвідчують, що у популяції *A. europaeum* мають місце статистично достовірні як міжпопуляційні, так і міжрегіональні відмінності, що супроводжуються формуванням у кожному фітоценозі рослин із специфічною морфоструктурою. Міжрегіональні відмінності проявляються не лише в абсолютних значеннях розмірних величин, а й у ступенях їхнього варіювання.

Порівняння значень статичних метричних морфопараметрів *A. europaeum* у фітоценозах, які належать до угруповання *Acer platanoides*+*Tilia cordata*–*Stellaria holostea* і мають різну зімкнутість верхніх ярусів лісу (0,6 та 0,9), вказує на залежність розміру та морфоструктури рослин даного виду від рівня освітленості. Вагомий вплив рівня освітленості на значення морфопараметрів рослин доведено і у процесі досліджень, які стосувались, власне, Геттінгенського лісу.

Результати досліджень, які здійснені у двох віддалених регіонах ареалу *A. europaeum*, доводять і той факт, що розмірно-морфоструктурні показники є наочними й інформативними індикаторами стану рослин даного виду у різних лісорослинних умовах. При цьому вони інтегрують та відображають еколого-ценотичні взаємодії, що формуються у межах конкретного фітоценозу та на регіональних рівнях. Отримані дані свідчать, що в Сумському геоботанічному районі одними із сприятливіших щодо формування та росту рослин *A. europaeum* є умови угруповань *Acereto (platanoiditis)–Tiliatum (cordatae) aegopodiosum (podagrariae)* та *Tilieto (cordatae)–Aceretum (platanoiditis) stellariosum (holosteaе)* (при зімкнутості верхніх ярусів лісу на рівні 0,6), а в Геттінгенському лісі – умови екосистеми №6, угруповання *Fagus sylvatica – Anemone nemorosa+Lathyrus vernus*. Навпаки, в Сумському геоботанічному районі умови угруповання *Tilieto (cordatae)–Aceretum (platanoiditis) stellariosum (holosteaе)* (при зімкнутості верхніх ярусів лісу на рівні 0,9), а в Геттінгенському лісі – екосистеми №2, угруповання *Fagus sylvatica+Acer pseudoplatanus – Allium ursinum+Asarum europaeum+Galium intermedium*, є одними із найнесприятливіших в аспекті набуття рослинами високих значень розмірних показників.

3.5. Розмірна структура популяцій *Asarum europaeum*

Задля отримання детальної інформації про розмірні ознаки популяцій було проведено вивчення їхньої розмірної структури. Такий аналіз було здійснено з опорою на один морфопараметр (загальну фітомасу) та на два морфопараметри (загальну фітомасу та масу листків). Ці показники були відібрані з врахуванням результатів факторного аналізу як ознаки, що проявили найвищі факторні навантаження.

Вивчення розмірної структури на основі значень загальної фітомаси (рис. 3.47.) здійснювалось на основі того, що наявні значення цього показника були диференційовані за п'ятьма розмірними групами: I – 0,64-1,19 г., II – 1,20-1,74 г., III – 1,75-2,29 г., IV – 2,30-2,84 г., V – 2,85-3,40 г. Встановлено, що популяція із перестійного лісу (екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), який включений в систему екологічного лісогосподарського менеджменту, має повні, континуальні та центровані розмірні спектри. Повним за розмірною структурою є й спектр популяції із пралісу (екосистема №9, угруповання *Fagus sylvatica* - *Asarum europaeum* + *Stellaria holostea*). Для нього характерна досить чітко виражена біомодальність. В популяціях середньовікового лісу із угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides* (екосистема №1) та угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium* (екосистема №2) також представлені рослини усіх виділених розмірних класів. Проте, якщо розподіл розмірних показників за класами у популяції екосистеми №2 відповідає центрованому спектру, то екосистеми №1 – лівосторонньому.

Характерною ознакою розмірної структури популяцій середньовікового лісу, який включений до системи традиційного лісокористування (екосистема №1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*), стиглого (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) та

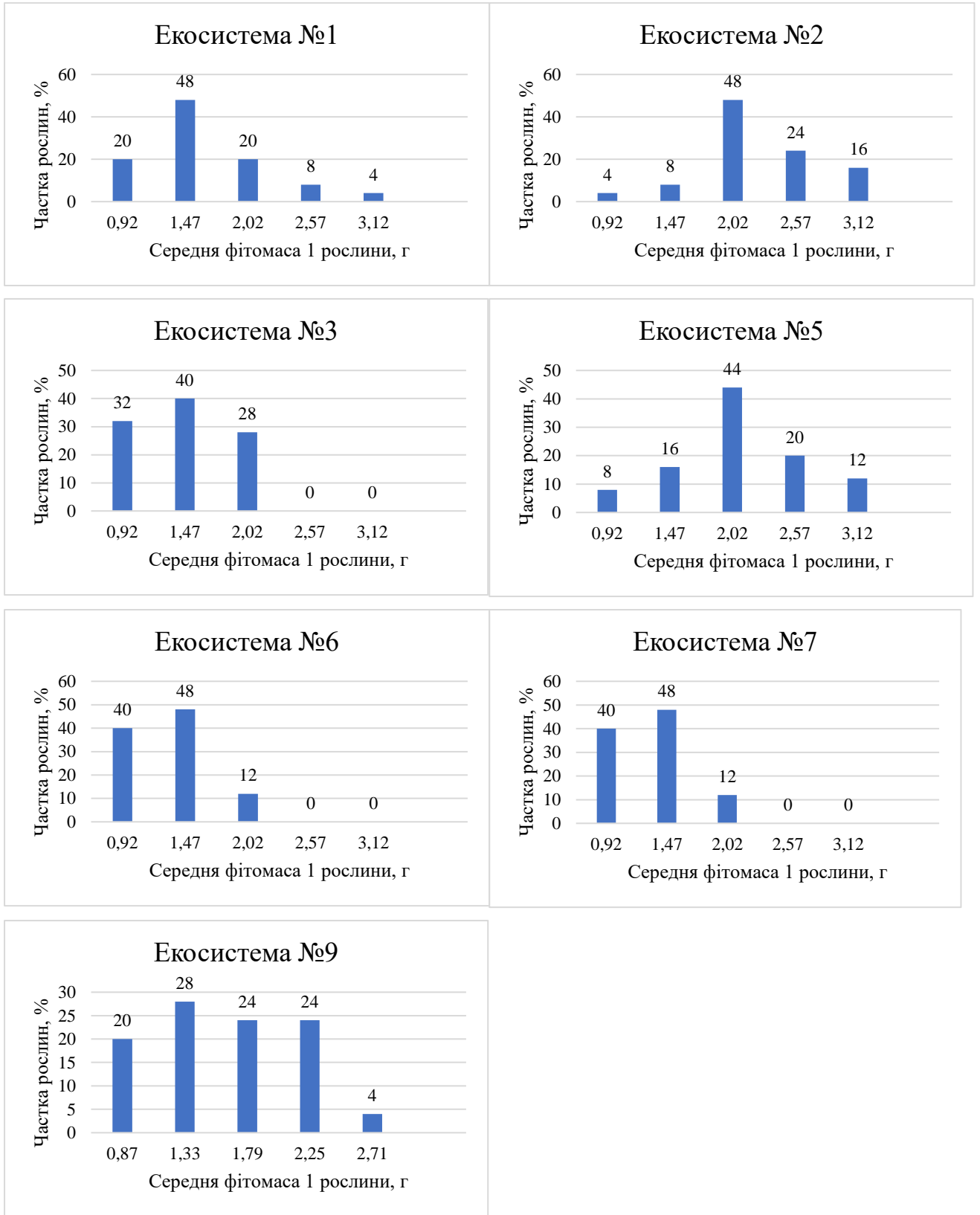


Рисунок 3.47. Розмірна структура популяцій *Asarum europaeum*

перестійного лісу (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*), у яких започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент, а також пралісу (екосистема №7, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*) є переважання рослин найменших розмірних класів.

Інформація про розмірну структуру популяцій узагальнена в таблиці 3.17. Вона свідчить, що більшість досліджуваних популяцій мають континуальні, лівосторонні, неповні розмірні спектри при ступені повноти 60 - 100%. Такі популяції представлені в угрупованнях різних за видовим складом деревостану, віком, характером лісокористування. Зареєстрована тенденція до зменшення ступеня повноти розмірних спектрів на тлі збільшення кислотності ґрунту ($r=-0,4056$) (рис. 3.48.) та зростанні вмісту органічних речовин ($r=-0,3278$). З врахуванням відзначених тенденцій та комплексу ознак розмірної структури маємо відзначити, що на тлі збільшення рН ґрунту та підвищення його родючості популяції *A. europaeum* стають менш різноманітними за показниками такої важливої характеристики як загальна фітомаса рослин.

Таблиця 3.17.

Узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *Asarum europaeum* (з урахуванням значень однієї ознаки)

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану, років та вікова група	Характеристики розмірних спектрів			
			континуальний (К) /дискретний (Д)	симетричність	повнота	ступінь повноти, %
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55 (середньовіковий)	К	Лівосторонній	Повний	100
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	55 (середньовіковий)	К	Центрований	Повний	100
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	К	Лівосторонній	Неповний	60
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	К	Центрований	Повний	100
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	133 (перестійний)	К	Лівосторонній	Неповний	60
7 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i>	148	К	Лівосторонній	Неповний	60
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	К	Біомодальний	Повний	100

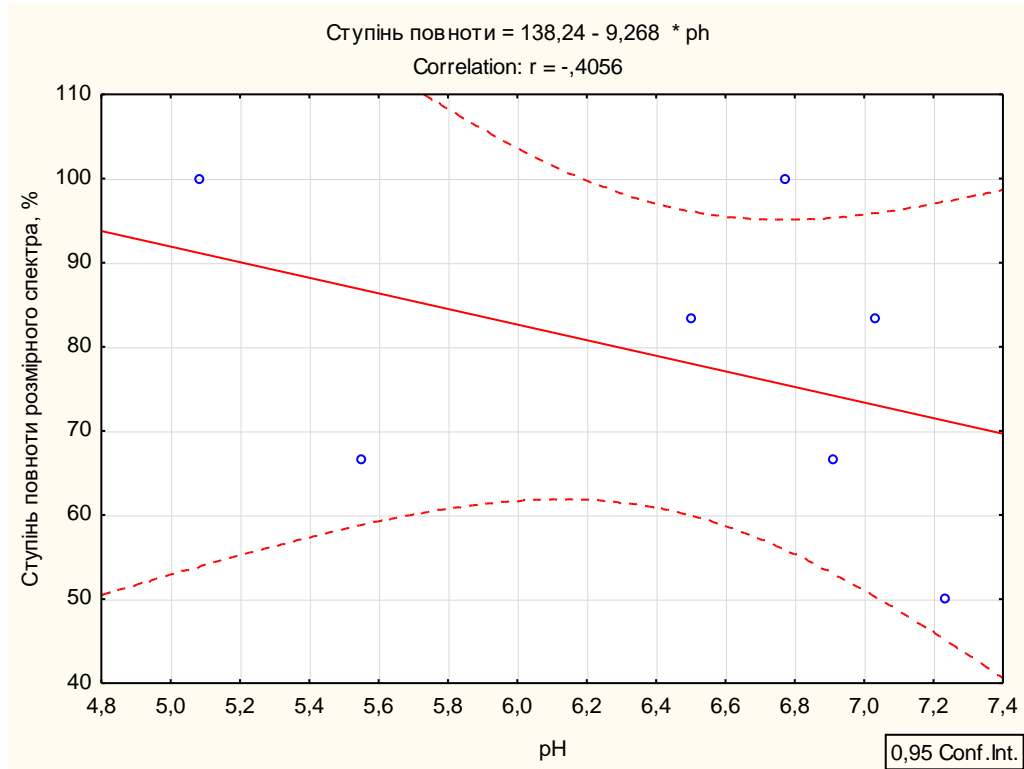
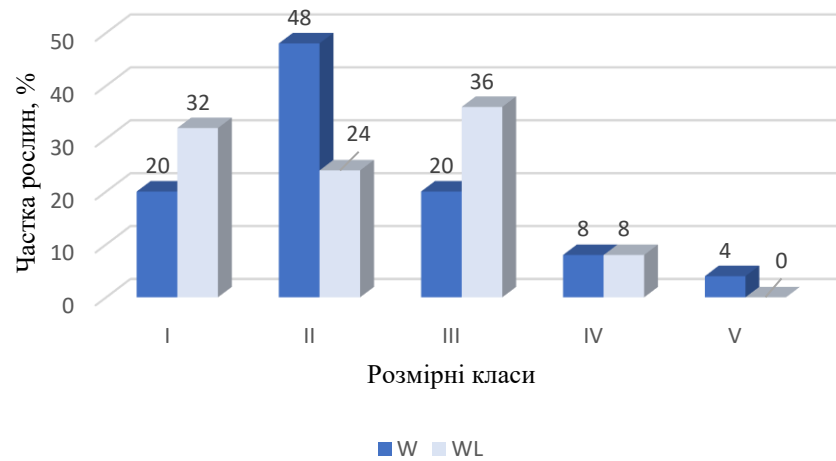


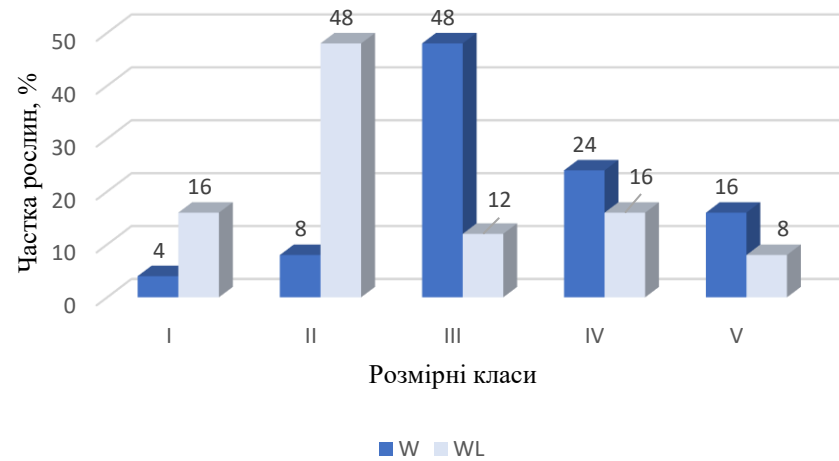
Рисунок 3.48. Зміна ступеня повноти розмірних спектрів на тлі зміни рН ґрунту

Результати аналізу розмірної структури популяції *A. europaeum* за величинами двох показників (фітомаси рослин та маси листків) представлені на рис. 3.49. та табл. 3.18. У досліджуваних популяціях найбільшу питому вагу мають рослини, розмірні показники яких відповідають I-III класам як за загальною фітомасою, так і масою листків. Розмірні спектри за двома ознаками, як і за однією, є континуальними та здебільшого лівосторонніми.

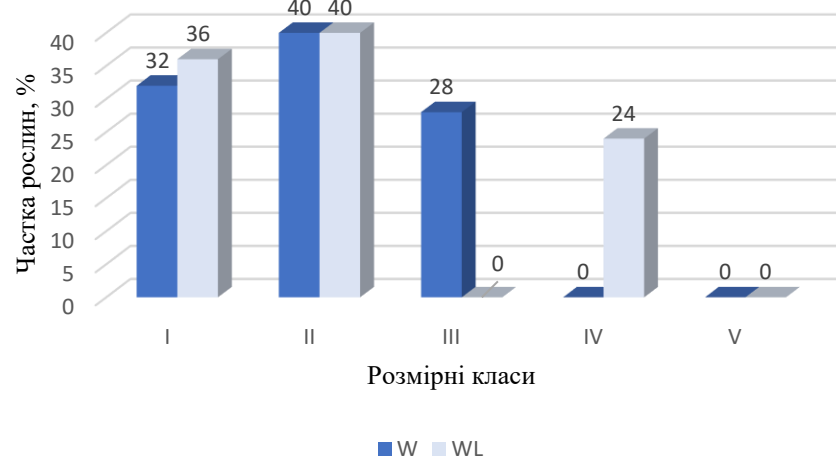
Екосистема №1



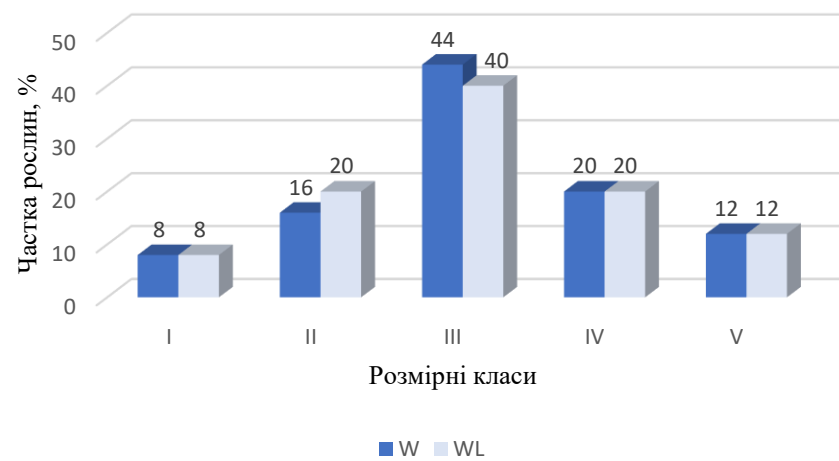
Екосистема №2



Екосистема №3



Екосистема №5



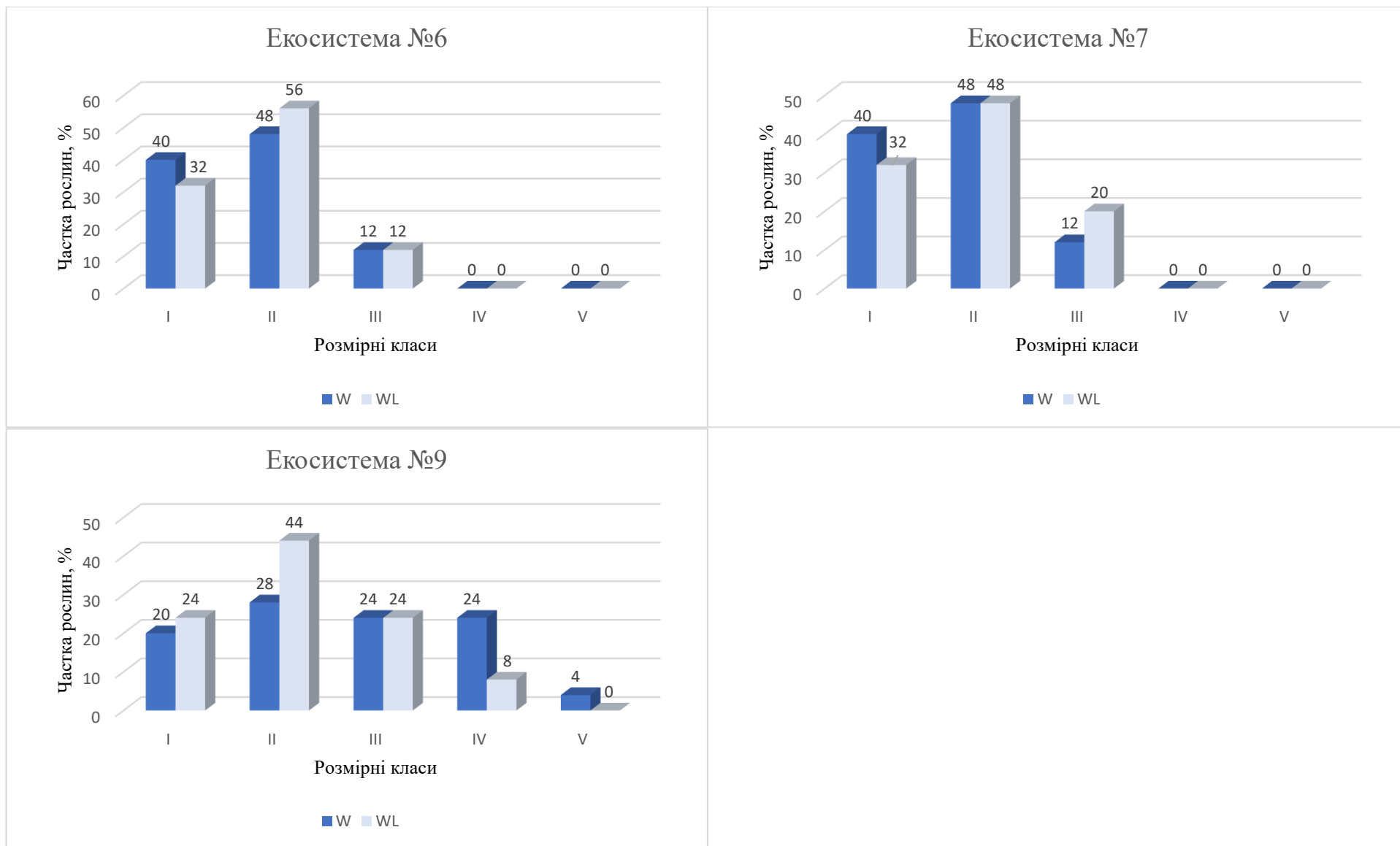


Рисунок 3.49. Розмірна структура популяцій *Asarum europaeum* за показниками загальної фітомаси та маси листків

Таблиця 3.18.

Узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *Asarum europaeum* (з урахуванням значень двох ознаки)

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану, років та вікова група	Характеристики розмірних спектрів ¹			
			континуальний (К) /дискретний (Д)	симетричність	повнота	ступінь повноти (2), %
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55 (середньовікови й)	<u>К</u>	<u>Лівосторонній</u>	Неповний	80
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	55 (середньовікови й)	<u>К</u>	<u>Центрований</u>	<u>Повний</u>	100
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	<u>К</u>	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	80
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	<u>К</u>	<u>Центрований</u>	<u>Повний</u>	100
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	133 (перестійний)	<u>К</u>	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	60
7 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i>	148	<u>К</u>	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	60
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	<u>К</u>	Лівосторонній	Неповний	80

Примітка: підкреслено випадки, де є співпадіння характеристик розмірної структури, визначених за однією та двома ознаками

При аналізі величини показника ступеня повноти, який визначено за двома розмірними ознаками, у порівнянні з аналогічним показником за однією ознакою, зареєстрована більш чітко виражена тенденція до зменшення ступеня повноти розмірних спектрів та різноманітності розмірної структури популяцій *A. europaeum* на тлі зменшення кислотності ґрунту ($r = -0,6443$ проти $r = -0,4056$), зростання вмісту органічних речовин ($r = -0,3900$ проти $r = -0,3278$), а також при збільшенні віку ярусу деревостану ($r = -0,5316$). Навпаки, на тлі збільшенні показників популяційної щільності ступень повноти розмірних спектрів проявляє тенденцію до збільшення ($r = 0,3299$). Це ще раз підтверджує твердження, що між кількістю особин в локальній популяції та їх стійкістю існує позитивна кореляція (Злобін, Скляр, Клименко, 2013).

Аналіз розмірної структури популяції *A. europaeum* за величинами двох показників був доповнений визначенням величин індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) за В.Г. Скляр (Скляр, 2015) (табл. 3.19.) із застосуванням допоміжної таблиці (Додаток К). Встановлено, що найвищими показниками індексу різноманітності розмірної структури (44%) вирізняються популяції середньовікового лісу, який включений в систему традиційного лісокористування (екосистема №2, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*) та перестійного лісу, у якому запроваджено екологічний менеджмент (екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*). Найменші показники цього індексу зареєстровані у пралісовій екосистемі (№7, угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*).

Таблиця 3.19.

Розмірна структура та індекси різноманітності розмірної структури популяцій *Asarum europaeum*

Морфопараметри				Досліджувані популяції із різних екосистем та частка (%) рослин відповідних класів у них						
загальна фітомаса W, г		фітомаса листків W1, г		№1	№2	№3	№5	№6	№7	№9
Клас	Амплітуда	Клас	Амплітуда	%	%	%	%	%	%	%
I	0,64-1,19	I	0,27-0,52	20	4	24	8	28	24	20
I	0,64-1,19	II	0,53-0,77			8		12	16	
I	0,64-1,19	III	0,78-1,03							
I	0,64-1,19	IV	1,04-1,28							
I	0,64-1,19	V	1,29-1,54							
II	1,20-1,74	I	0,27-0,52	12	4	12		4	8	4
II	1,20-1,74	II	0,53-0,77	24	4	24	12	40	32	24
II	1,20-1,74	III	0,78-1,03	12			4	4	8	
II	1,20-1,74	IV	1,04-1,28			4				
II	1,20-1,74	V	1,29-1,54							
III	1,75-2,29	I	0,27-0,52		8					
III	1,75-2,29	II	0,53-0,77		32	8	8	4		8
III	1,75-2,29	III	0,78-1,03	20	8		28	8	12	16
III	1,75-2,29	IV	1,04-1,28			20	8			
III	1,75-2,29	V	1,29-1,54							
IV	2,30-2,84	I	0,27-0,52							
IV	2,30-2,84	II	0,53-0,77		12					12
IV	2,30-2,84	III	0,78-1,03	4	4		8			8
IV	2,30-2,84	IV	1,04-1,28	4	8		8			4
IV	2,30-2,84	V	1,29-1,54				4			
V	2,85-3,40	I	0,27-0,52							
V	2,85-3,40	II	0,53-0,77							
V	2,85-3,40	III	0,78-1,03							
V	2,85-3,40	IV	1,04-1,28	4	8		4			4
V	2,85-3,40	V	1,29-1,54		8		8			
Разом				100	100	100	100	100	100	100
Індекс різноманітності IDSS (%)				32	44	28	44	28	24	36

Значення IDSS в екосистемах, у яких реалізується увесь комплекс заходів із ведення лісового господарства (у т. ч. заготівля деревини) варіюють у межах 32-44%, де започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент – у межах 28-44%, а у пралісах – 24-36%. Широкий діапазон варіювання (від мінімальних (24%) до максимальних (44%) значень IDSS) зареєстрований в популяціях, які зростають під наметом монодомінантних букових лісів.

Показники IDSS проявили тенденцію до зменшення значень на тлі збільшення кислотності ґрунту ($r = -0,4884$) (рис. 3.50.). Разом з тим різноманітність розмірної структури проявляла тенденцію до збільшення при зростанні значень популяційної щільності ($r = 0,4784$) (рис. 3.51), що є результатом реагування та адаптації морфоознак рослин *A. europaeum* до зростання внутрішньовидової конкуренції.

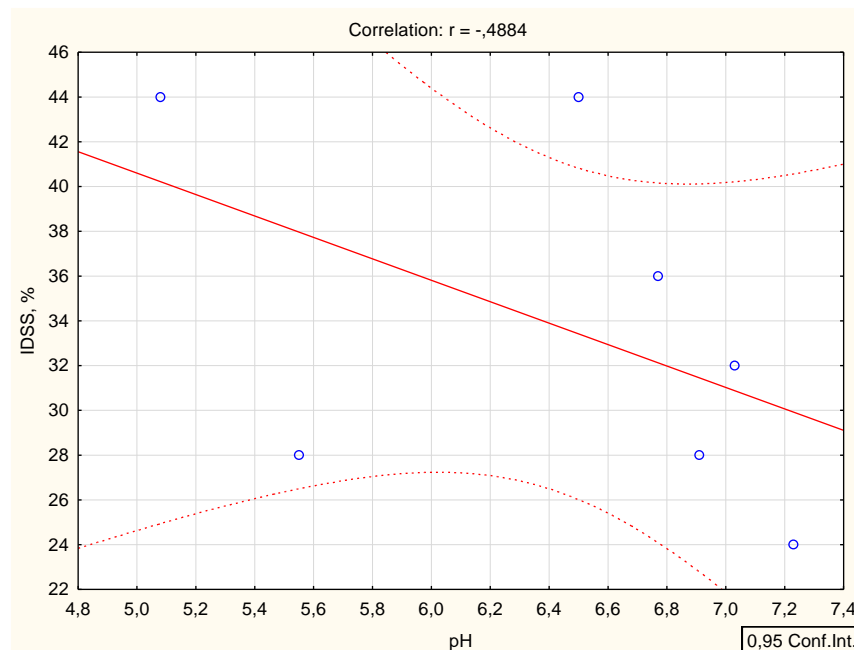


Рисунок 3.50. Зміна значень індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) популяцій *Asarum europaeum* на тлі зміни рН ґрунту

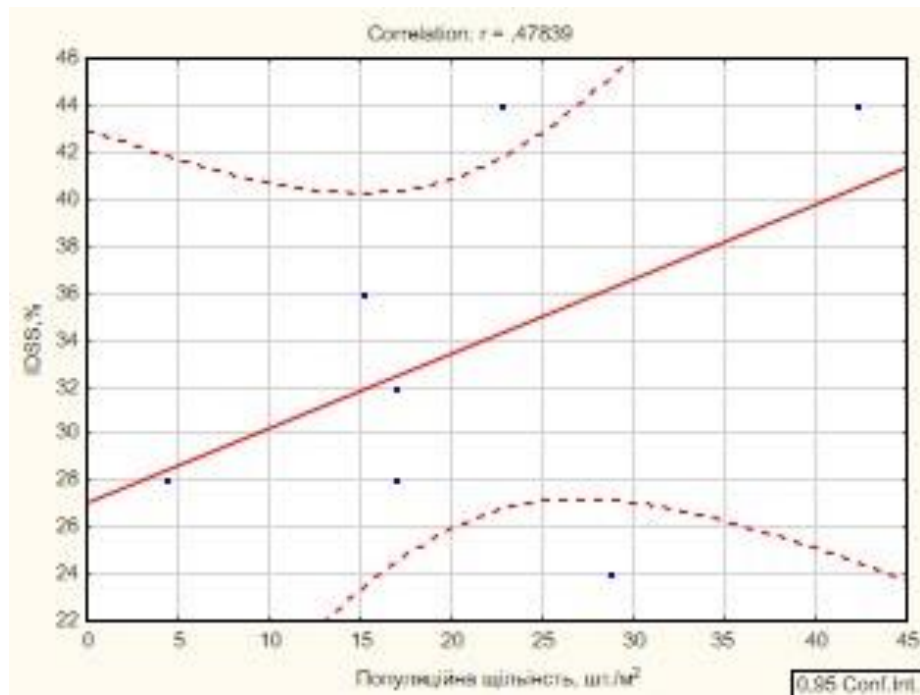


Рисунок 3.51. Зміна значень індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) популяцій *Asarum europaeum* на тлі зміни показників популяційної щільності

Результати вивчення розмірної структури (показників повноти розмірних спектрів, значень IDSS) було узагальнено на основі використання кластерного аналізу (рис. 3.52.). Встановлено, що за комплексом її ознак високий рівень подібності (при значеннях евклідової відстані 17,2 од.), як і за сукупністю величин морфопараметрів, проявляють популяції із монодомінантних букових лісів віком 133-148 років (екосистема № 6 угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus* та екосистема № 7 угруповання *Fagus sylvatica* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*).

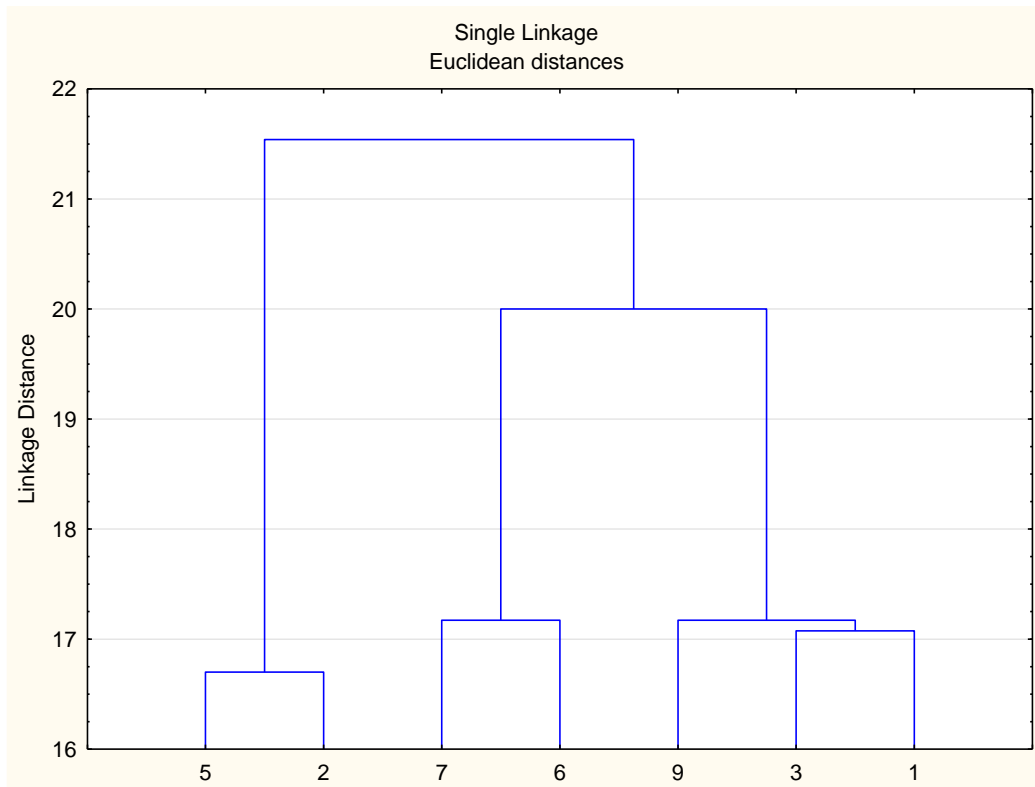


Рисунок 3.52. Результати кластерного аналізу популяцій за комплексом ознак розмірної структури (нумерація популяцій відповідає табл. 3.6)

Чітко відокремлений кластер (при значеннях евклідової відстані 16,6 од.), формують популяції із угруповань, у яких співдомінантом ярусу деревостану є *Acer pseudoplatanus* L. із угруповань *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium* (екосистема №2) та *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* (екосистема №5). Популяція останнього угруповання чітко вирізняється від інших популяцій й за комплексом величин морфопараметрів.

Високий рівень подібності (при значеннях евклідової відстані 17,1-17,2 од.) притаманний трьом популяціям із середньовікових лісів (екосистема №1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*), стиглих (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) лісів та пралісу (екосистема №9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*). Високий рівень подібності у популяцій із екосистем №1 та №9 зареєстровано й за комплексом значень морфопараметрів.

3.6. Віталітетна структура популяцій *Asarum europaeum* та вплив на неї еколого-ценотичних чинників

При встановленні віталітетної структури популяцій *A. europaeum* був реалізований загальноприйнятий алгоритм, який включає оцінку ступеня варіювання морфоознак (Додаток Е), оцінку їхніх кореляційних взаємозв'язків при побудові кореляційних дендритів та виділенні кореляційних плеяд (Додаток З), визначення факторних навантажень морфопараметрів (Додаток И). Це дозволило визначити перелік ключових (визначальних щодо рівня життєвості рослин) морфопараметрів (Додаток К), з опорою на які здійснювались фінальні розрахунки віталітетного аналізу та, власне, визначалася віталітетна структура популяцій (табл. 3.20.). Встановлено, що всі популяції належать до категорії рівноважних з індексами якості (Q) від 0,2000 до 0,3000 (Ярошенко, 2023).

Таблиця 3.20.

Віталітетна структура популяцій *Asarum europaeum*

№ екосистеми	Частка рослин певного класу віталітету			Значення індексу якості (Q)	Віталітетний тип популяції
	вищого класу (a)	проміжного класу (b)	нижчого класу (c)		
1 ⁺	0,3333	0,0667	0,6000	0,2000	рівноважний
2 ⁺	0,3333	0,1333	0,5333	0,2333	рівноважний
3 [»]	0,3871	0,0968	0,5161	0,2419	рівноважний
5 [»]	0,4667	0,1333	0,4000	0,3000	рівноважний
6 [»]	0,4667	0,1000	0,4333	0,2833	рівноважний
7 [*]	0,4667	0,0000	0,5333	0,2333	рівноважний
9 [*]	0,4667	0,0667	0,4667	0,2667	рівноважний

Незважаючи на те, що усі популяції *A. europaeum* репрезентують одну віталітетну категорію і мають відносно незначний діапазон варіювання значень індексу Q, детальне вивчення розподілу величин даного показника засвідчило прояв взаємозумовленості (за І.В. Зубцовою) із системою онтогенетичних індексів (показників), які характеризують онтогенетичну та розмірну структуру (Зубцова, 2020). Збільшення рівня віталітету популяцій *A. europaeum* супроводжується проявом тенденції до зростання індексу генеративності ($r=0,566024$) (рис. 3.53.), а також індексу віковості, Δ ($r=0,607284$), індексу ефективності, ω ($r=0,583243$), індексу віковості за І.М. Коваленком ($r=0,414207$). Окрім того, на тлі збільшення показників Q реєструється тенденція й до збільшення розмірної різноманітності популяцій (індексу IDSS) ($r=0,397350$).

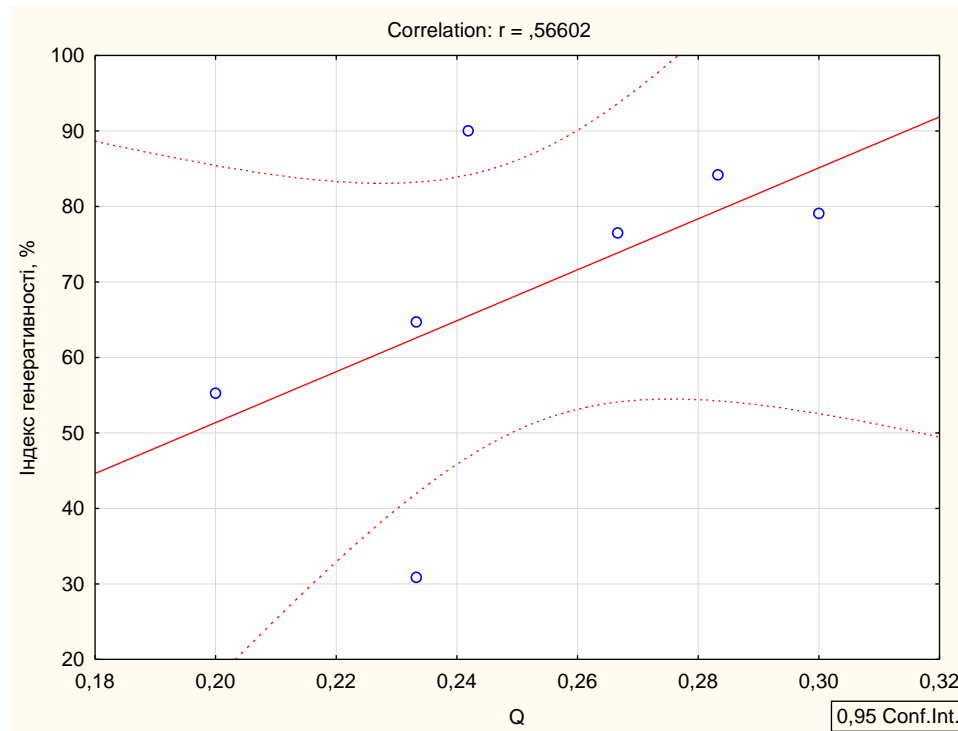


Рисунок 3.53. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу генеративності на тлі динаміки показників індексу якості Q

Зареєстровано збільшення значень індексу якості Q при зростанні віку ярусу деревостану від 55 до 120 років і їхнє зниження при подальшому збільшенні віку деревостану (рис. 3.54.).

Стосовно видового складу ярусу деревостану маємо відзначити, що популяції, які зростають під наметом монодомінантних букових лісів та під наметом букових лісів із співдомінуванням *Acer pseudoplatanus*, порівняно із іншими досліджуваними угрупованнями, вирізняються вищими значеннями індексу якості при його середніх показниках 0,2777 та 0,2867, відповідно.

На показниках популяційної щільності *A. europaeum* відбиваються й показники проєктивного покриття ярусу трав (рис. 3.55.) і домінантів (рис. 3.56.). Встановлено, що найвищий рівень життєвості популяцій реєструється у фітоценозах, де загальне проєктивне покриття ярусу трав становить близько 68-72%, а домінантів – 50-55%. Зниження рівня віталітету популяцій *A. europaeum* при вищих показниках проєктивного покриття свідчить про досить чутливе реагування рослин та популяцій даного виду на посилення міжвидової конкуренції, яка, безумовно, загострюється при збільшенні показників проєктивного покриття та щільнішого розташування рослин у фітоценозі.

Встановлено, що значення індексу Q збільшуються у наступній послідовності зростання видів-домінантів: *Allium ursinum* L. → *Anemone nemorosa* (L.) Holub → *Asarum europaeum* L. (рис. 3.57.). Тобто, маємо факт прояву пригнічуючої дії *Allium ursinum* на рівень життєвості популяцій *A. europaeum*.

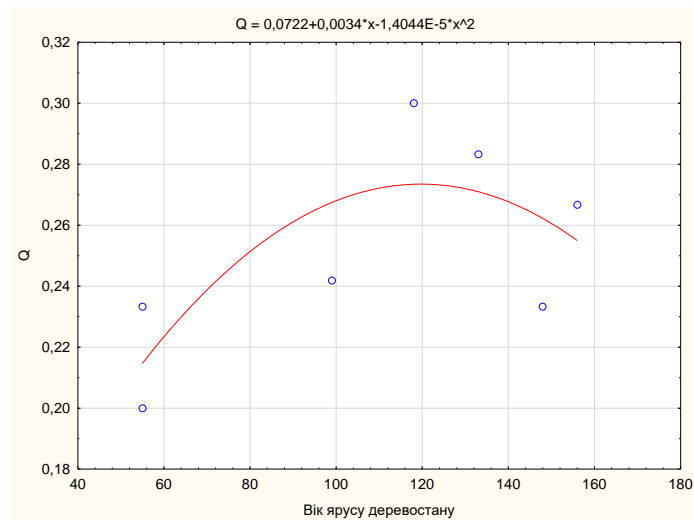


Рисунок 3.54. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні віку ярусу деревостану

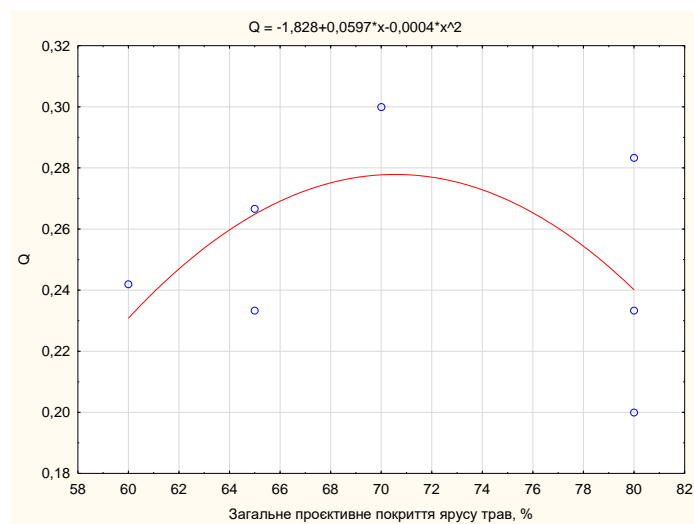


Рисунок 3.55. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні загального проєктивного покриття ярусу трав

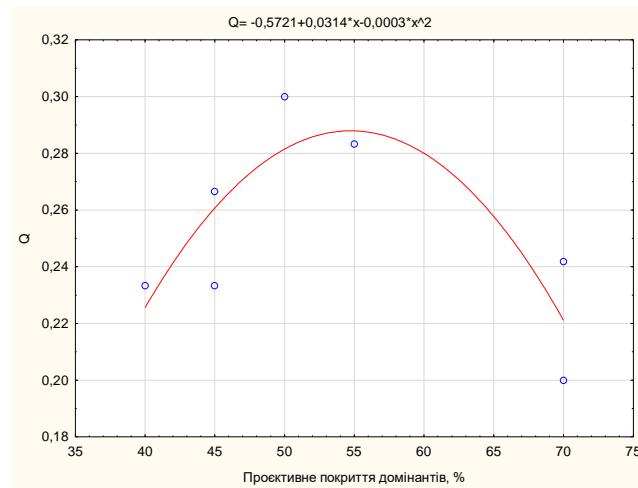


Рисунок 3.56. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні загального проективного покриття доміантів ярусу трав

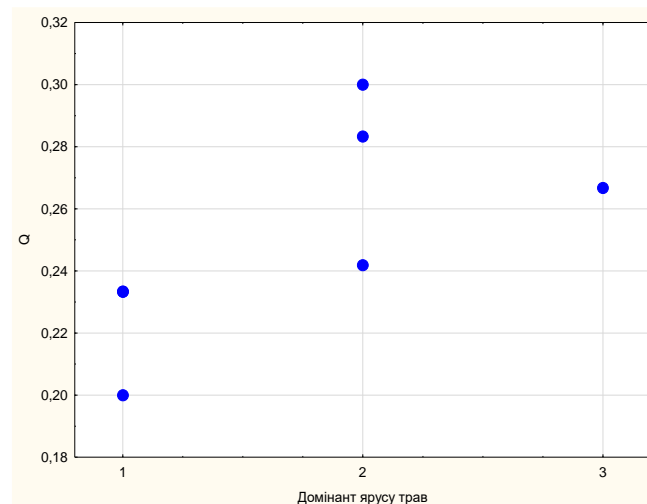


Рисунок 3.57. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні видового складу доміантів ярусу трав. Номерами позначено наступні-види доміаннти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*

Має місце досить чітко виражена тенденція до зменшення життєвості популяцій та, відповідно, значень індексу якості Q, по мірі збільшення рівня вологості ґрунту ($r = -0,670$) (рис. 3.58.), зростання вмісту органічної речовини в ґрунті ($r = -0,5918$) (рис. 3.59.) та значень рН ($r = -0,5012$) (рис. 3.60.). Стосовно впливу рівня освітленості встановлено, що при її збільшенні до 14000-15000 Лк у популяції *A. europaeum* відбувається зростання рівня життєвості та значень індексу Q. На подальше зростання показників освітленості популяції *A. europaeum* реагують зменшенням значень Q (рис. 3.61.).

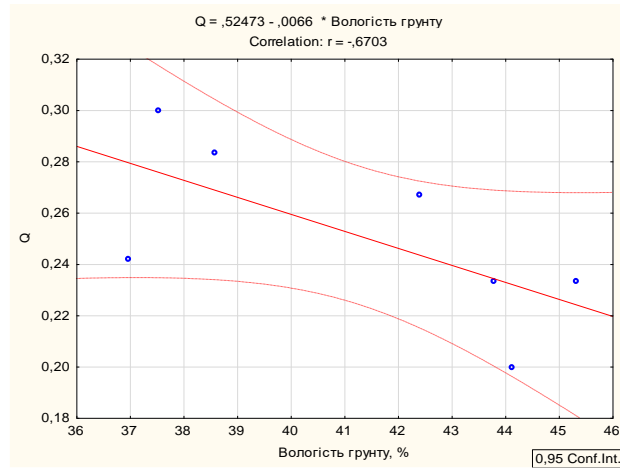


Рисунок 3.58. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні рівня вологості ґрунту

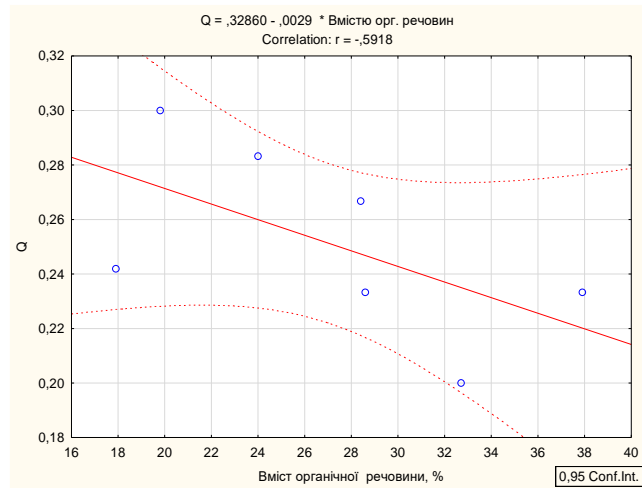


Рисунок 3.59. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні рівня вмісту органічної речовини

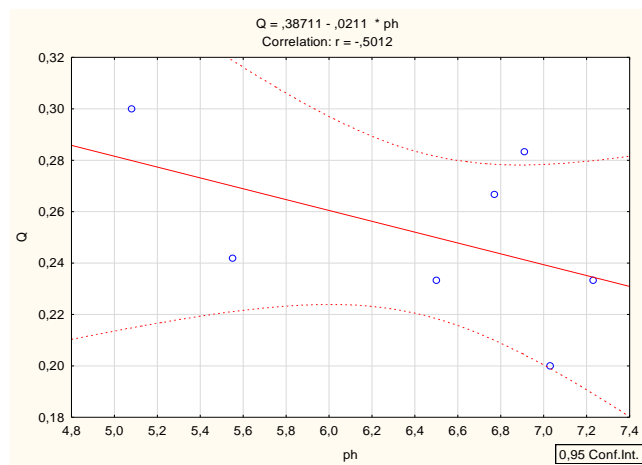


Рисунок 3.60. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні рівня рН ґрунту

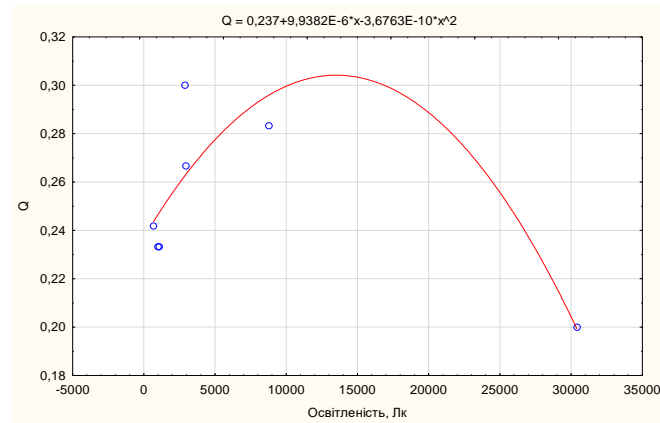


Рисунок 3.61. Зміна у популяції *Asarum europaeum* значень індексу Q при зміні рівня освітленості під наметом лісу

Значення індексу Q не проявили однозначних та чітко виражених змін залежно від рельєфу, хоча на тіньових схилах (схилах північної експозиції) вони були дещо вищими, ніж на сонячних схилах (схилах південної експозиції) (рис. 3.62.). Популяції, які зростали у лісах, що були включені до системи традиційного лісокористування, поступались за величинами індексу якості Q популяціям із пралісів і, особливо, фітоценозам, де було запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент (рис. 3.63.).

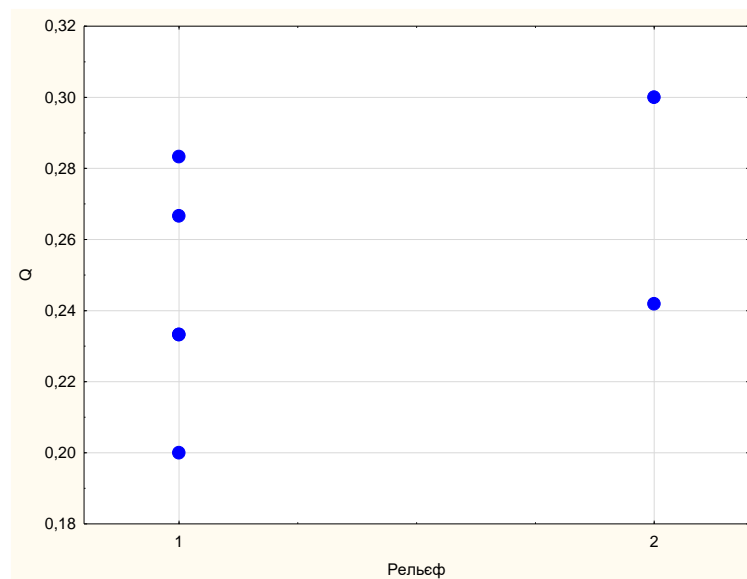


Рисунок 3.62. Значення індексу Q у популяції *Asarum europaeum* при різних характеристиках рельєфу (1 – сонячний схил – схил південної експозиції; 2 – тіньовий схил – схил північної експозиції)

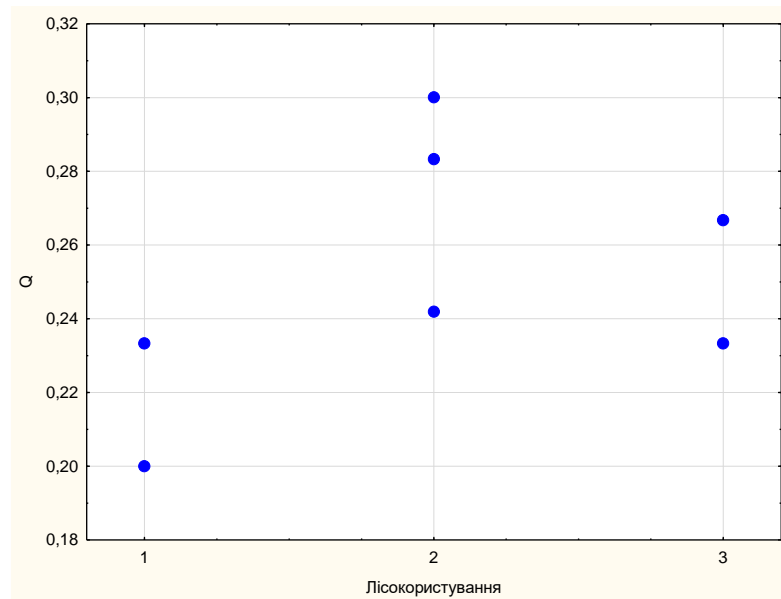


Рисунок 3.63. Значення індексу Q у популяції *Asarum europaeum* при різних системах системи лісокористування (1 – здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини; 2 – запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліс, запроваджено природоохоронний режим)

Інформація про віталітететні характеристики популяції *A. europaeum* у різних місцезростаннях та тлі дії екочинників також узагальнена та унаочнена в додатках Л, М.

Для деталізації інформації про вплив провідних екочинників на життєвість популяції *A. europaeum* були розроблені й тривимірні моделі, приклади яких наведені на рисунках 3.64.-3.69. Вони загалом підтвердили ті тренди та тенденції в реагуванні значень індексу Q на вплив екочинників, які описані вище. Найвищі значення якості Q при значеннях освітленості - на рівні 1400–1500 Лк, вологості ґрунту - близько 37%, рН ґрунту - 5,0, вмісту в ньому органічної речовини - 20-24%.

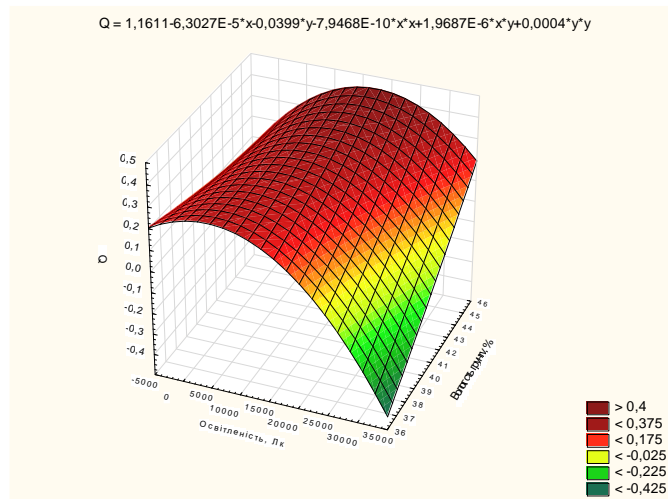


Рисунок 3.64. Двовимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Asarum europaeum* залежно від освітленості під наметом лісу та вологості ґрунту

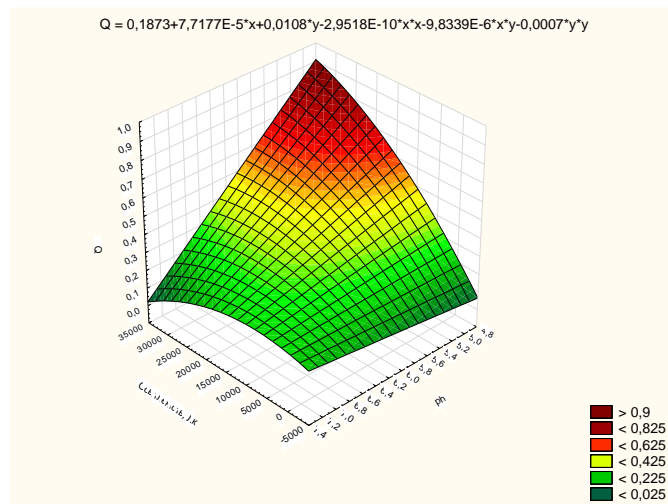


Рисунок 3.65. Двовимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Asarum europaeum* залежно від освітленості під наметом лісу та рН ґрунту

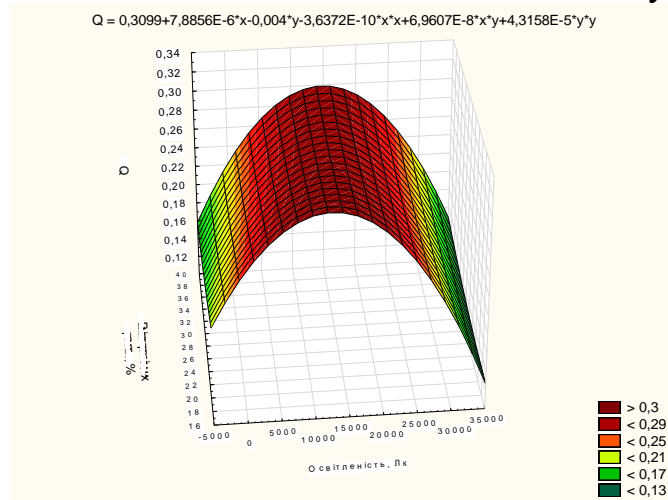


Рисунок 3.66. Двовимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Asarum europaeum* залежно від освітленості під наметом лісу та вологості ґрунту

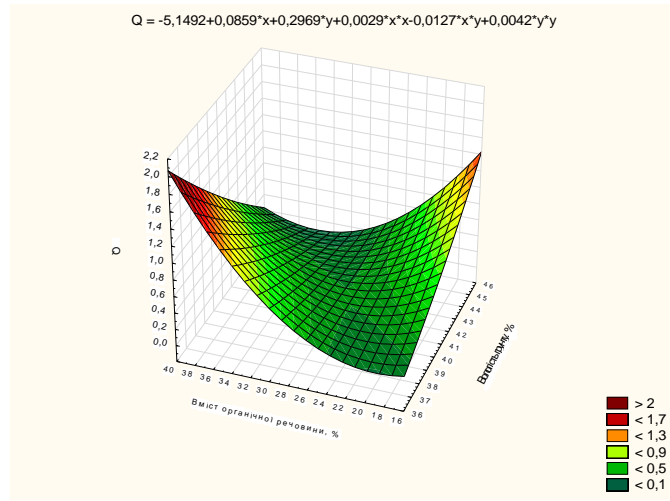


Рисунок 3.67. Двовимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Asarum europaeum* залежно від вмісту органічної речовини та вологості ґрунту

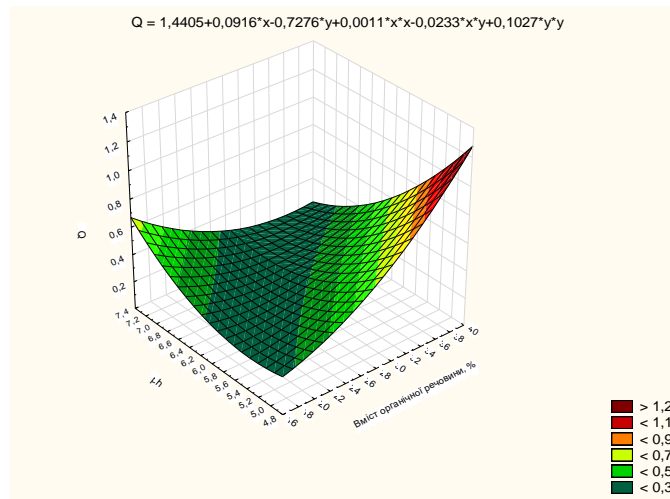


Рисунок 3.68. Двовимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Asarum europaeum* залежно від вмісту органічної речовини та рН ґрунту

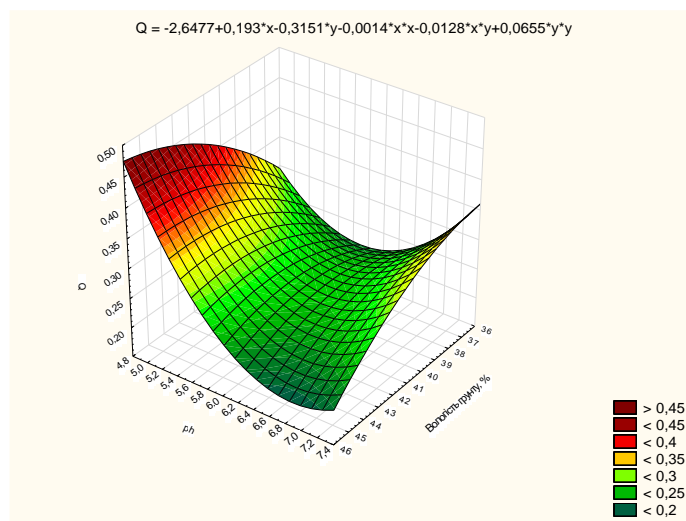


Рисунок 3.69. Двовимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Asarum europaeum* залежно від вологості ґрунту та його рН

Порівняння рівня життєвості популяцій *A. europaicum* в умовах Геттінгенського лісу (Німеччина) та Сумського геоботанічного округу показало суттєві відмінності. Так, якщо в Геттінгенському лісі усі популяції *A. europaicum* належать до категорії врівноважених з індексами якості (Q) від 0,2000 до 0,3000, в яких частка рослин вищого класу життєвості «а» становить від 33 до 47%, проміжного класу «b» – від 7 до 13%, нижчого класу «с» – від 40 до 60%, то у широколистяних лісах Лісостепу України (Сумський геоботанічний округ) зареєстровано популяції усіх трьох типів: процвітаючі, врівноважені та депресивні. В угрупованні *Tilieto – Acereto – Quercetum stellariosum* 49 % рослин відносяться до проміжної життєвості (класу «b»), а сама ценопопуляція належить до категорії процвітаючих (індекс якості $Q=0,43$). В угрупованні *Querceto – Tilieto – Aceretum stellariosum* у складі ценопопуляцій найбільшу частку (48 %) становлять рослини низької життєвості (класу «с»), а сама ценопопуляція є врівноваженою ($Q=0,26$). В угрупованні *Fraxinetum caricosum* частка рослин найнижчого класу життєвості сягає 70 %, а сама ценопопуляція є депресивною ($Q=0,16$) (Скляр, 2014).

Популяційними дослідженнями *A. europaicum* в умовах Лівобережного Полісся України (Сумський геоботанічний округ) встановлено, що найбільш поширеними тут є депресивні популяції, які вирізняються найбільшою питомою вагою (71–88%) рослин найнижчої (класу «с») життєвості. Характерною ознакою більшості популяцій *A. europaicum* є відсутність (або дуже незначна частка) рослин проміжного класу віталітету. Рослини класу «b» взагалі відсутні в угрупованнях *Betuletum (pendulae) stellariosum (holosteae)*, *Betuletum (pendulae) caricosum (pilosae)* та *Tilieto (cordatae)– Quercetum (roboris) stellariosum (holosteae)* (Скляр Ю., Скляр М., 2015).

Було встановлено також значні відмінності у вказаних регіонах щодо впливу провідних екологічних чинників на якість популяції *A. europaicum*. В умовах Геттінгенського лісу дослідження встановили, зокрема, чітко виражену тенденцію до зменшення життєвості популяцій по мірі збільшення рівня вологості ґрунту ($r=-0,670$) та значень рН ($r=-0,5012$). В умовах Лівобережного

Полісся України навпаки встановлено, що між величинами індексу якості Q популяції *A. europaeum* та показниками вологості ґрунту і його кислотності підтримується позитивний взаємозв'язок.

Крім того, стосовно впливу рівня освітленості в умовах Геттінгенського лісу встановлено, що при її збільшенні до рівня 14000-15000 Лк у популяції *A. europaeum* відбувається зростання рівня життєвості та значень індексу якості Q , а зменшенням значень Q вони реагують лише на подальше зростання показників освітленості понад 15000 Лк. В умовах Лівобережного Полісся України значення індексу якості Q в *A. europaeum* виявилися більш тісно пов'язаними із показниками освітленості ($r = -0,97$).

Ми вважаємо, що такі суттєві відмінності рівня життєвості популяцій *A. europaeum* в Геттінгенському лісі (Німеччина) та Сумському геоботанічному окрузі пов'язані з наявністю різних природно-кліматичних умов даних регіонів, перш за все, – з особливістю Геттінгенського букового лісу завдяки вапняковим типам ґрунтів на лесових шарах вапняку-черепашника.

У підсумку, комплексний аналіз впливу екоцифр на рівень життєвості (значення індексу Q) дозволив визначити параметри еколого-ценотичного оптимуму для рівня віталітету популяцій *A. europaeum* в Геттінгенському лісі (табл. 3.21.). Цим було засвідчено важливість щодо визначення рівня віталітету популяцій даного виду, значень сукупності абіотичних чинників, характеристик фітоценозів та системи лісокористування.

Таблиця 3.21.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для рівня віталітету популяцій *Asarum europaeum* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 5,0–5,08
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,8–24%
Вік деревостанів	118–133 років
Освітленість	1400–1500 Лк
Вологість ґрунту	близько 37 % (36,99–37,55%)
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси та кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	68–72%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	50–55%.
Домінант ярусу трава	<i>Anemone nemorosa</i> або <i>Asarum europaeum</i>
Популяційна щільність	40–42 шт./м ²
Лісокористування	Ліси, у яких запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент, а також праліс

3.7. Комплексна характеристика стану популяцій *Asarum europaeum*

Отже, популяції *A. europaeum* різних лісових екосистем Геттінгенського лісу характеризуються певними значеннями популяційних характеристик, які статистично-достовірно змінюються на тлі впливу еколого-ценотичних чинників, включаючи й систему користування лісом. Комплекс величин провідних популяційних ознак, які встановлені за результатами наших досліджень, наведено у таблиці 3.22. Її дані дозволяють чітко виділити екосистеми, у складі яких сформувалися популяції *A. europaeum* із показниками, що є найбільш сприятливими для забезпечення їх сталого та довготривалого функціонування у складі екосистем Геттінгенського лісу. Насамперед, ці

популяції мають вирізнятися найвищим рівнем життєвості та, відповідно, значеннями індексу якості, мати у своєму складі значну питому вагу генеративних рослин, не належати до категорії старіючих популяцій та до популяцій із найменшими величинами популяційної щільності й площі популяційного поля. Лісорослинні умови, у яких сформувалися популяції із комплексом зазначених показників, можуть розглядатись як умови еколого-ценотичного оптимуму для сукупності популяційних характеристик. З'ясовано, що в Геттінгенському лісі умови екосистем *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* та *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* є найбільш сприятливими для формування популяцій *A. europaeum* із зазначеними характеристиками.

Комплекс еколого-ценотичних показників, який відповідає цим екосистемам та узагальненому еколого-ценотичному оптимуму для популяцій *A. europaeum*, наведено у таблиці 3.23. Зазначені дані можуть бути використані для оцінки ступеня сприятливості умов кожної із екосистем в аспекті забезпечення формування та функціонування популяцій, визначення можливих загроз щодо їх сталого існування та, у підсумку, окреслення пріоритетних напрямків природоохоронної роботи.

Таблиця 3.22.

Комплексна характеристика стану популяцій *Asarum europaeum* у різних лісових екосистемах

№ екосистеми ¹	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Популяційна щільність, шт./м ²	Індекс генеративності	Індекс відновлюваності	Онтогенетичний тип популяції	Індекс якості Q
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	16,9±3,18	55,26	42,11	зріюча	0,2000
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	22,7±6,60	64,71	35,29	зріюча	0,2333
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	4,4±2,94	90,00	10,00	зріюча	0,2419
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i>+<i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i>+<i>Asarum europaeum</i>	42,2±11,12	79,07	20,93	зріюча	0,3000
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	16,9±5,53	84,21	0,00	старіюча	0,2833
7 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i>	28,7±11,22	30,88	66,18	молода	0,2333
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i>+<i>Stellaria holostea</i>	15,1±6,14	76,47	17,65	зріла	0,2667

Таблиця 3.23.

Еколого-ценотичний оптимум для комплексу провідних популяційних ознак *Asarum europaeum* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 5,08–6,77
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,8–28,4%
Вік деревостанів	118 років і вище
Освітленість	2903–2959 Лк
Вологість ґрунту	близько 37,55–42,41%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси та кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	65–70%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	45–50%.
Лісокористування	Ліси, у яких запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент або праліси

За матеріалами розділу 3 авторкою дисертації опубліковано 4 праці (Ярошенко, Скліар, 2023; Ярошенко, 2023; Yaroshenko, Skliar, 2023; Yaroshenko, Skliar, 2022).

РОЗДІЛ 4

СТАН, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ *STELLARIA HOLOSTEA* У ГЕТТИНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ

4.1. Стан популяційних полів *Stellaria holostea*

Результати вивчення провідних ознак популяційних полів *S. holostea* свідчать, що значення площі популяційного поля та популяційної щільності у досліджуваних популяціях варіюють у досить значних межах: від 44 до 356 м² та від 2,2 до 50,7 шт./м², відповідно (табл. 4.1.). При цьому екосистема середньовікового лісу (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*, де здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини, вирізняється найменшими значеннями як площі популяційного поля (44 м²), так і популяційної щільності (2,2±2,22 шт./м²).

Найвищі показники площі популяційного поля (на рівні 310-356 м²) зареєстровані у лісах віком близько 100 років, де домінантом є *Fagus sylvatica*, а співдомінантом – *Fraxinus excelsior* L. або *Prunus cerasus* L. Вищі значення площі популяційного поля у *S. holostea* реєструються на схилах північної експозиції (рис. 4.1.). Встановлено, що показники площі популяційного поля зменшуються по мірі зростання вологості ґрунту ($r = -0,5584$) (рис. 4.2.) і, особливо, при збільшенні у ньому вмісту органічних речовин ($r = -0,7127$) (рис. 4.3.).

На тлі збільшення вологості ґрунту та вмісту у ньому органічної речовини відбувається й зменшення величин популяційної щільності (при $r = -0,4407$ та $r = -0,5984$, відповідно) (рис. 4.4. і 4.5.). Залежність популяційної щільності від рН ґрунту (рис. 4.6.) та віку ярусу деревостану (рис. 4.7.) не мала лінійного характеру. Однак, результати досліджень засвідчили, що популяції, які є найбільшими за площею, формуються у місцезростаннях, де рН ґрунту становить близько 5,0 або 7,8, а вік деревостану – близько 120 років.

Таблиця 4.1.

Характеристики популяційних полів *Stellaria holostea* у різних лісових екосистемах

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану (років) та вікова група	Розмір популяційного поля, м ²	Популяційна щільність, шт./м ²	Просторова структура	
					відношення δ^2 / \bar{x}	розміщення
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	55 (середньовіковий)	44	2,2±2,22	2,61	групове
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	310	20,9±5,73	8,29	групове
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Prunus cerasus</i> – <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	107 (перестійний)	356	33,3±7,30	3,79	групове
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	222	50,7±19,00	16,05	групове
8 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Stellaria holostea</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i> + <i>Viola hirta</i>	152 (перестійний)	178	24,0±10,22	4,17	групове
9*	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	180	19,6±8,58	9,62	групове

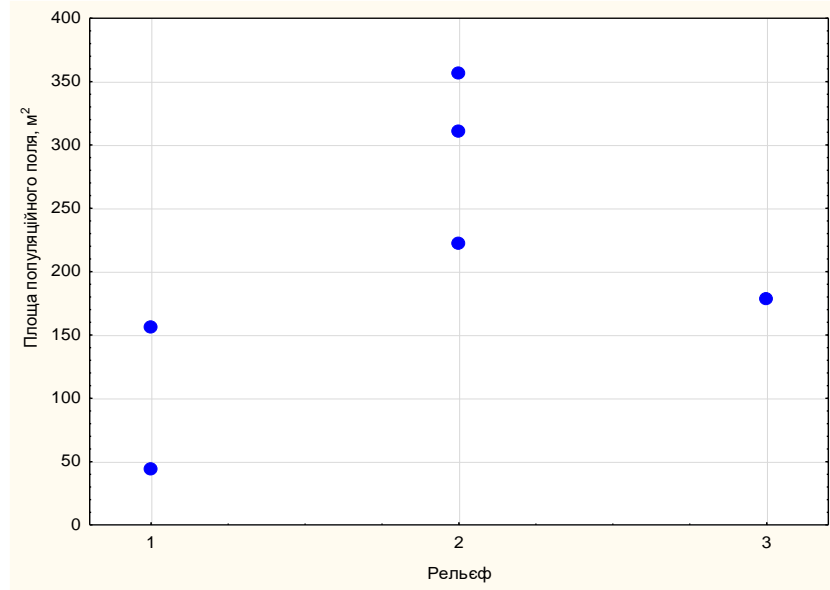


Рисунок 4.1. Показники площі популяційного поля *Stellaria holostea* при різних характеристиках рельєфу (1 – південної експозиції, 2 – схил північної експозиції, 3 – рівнинна територія).

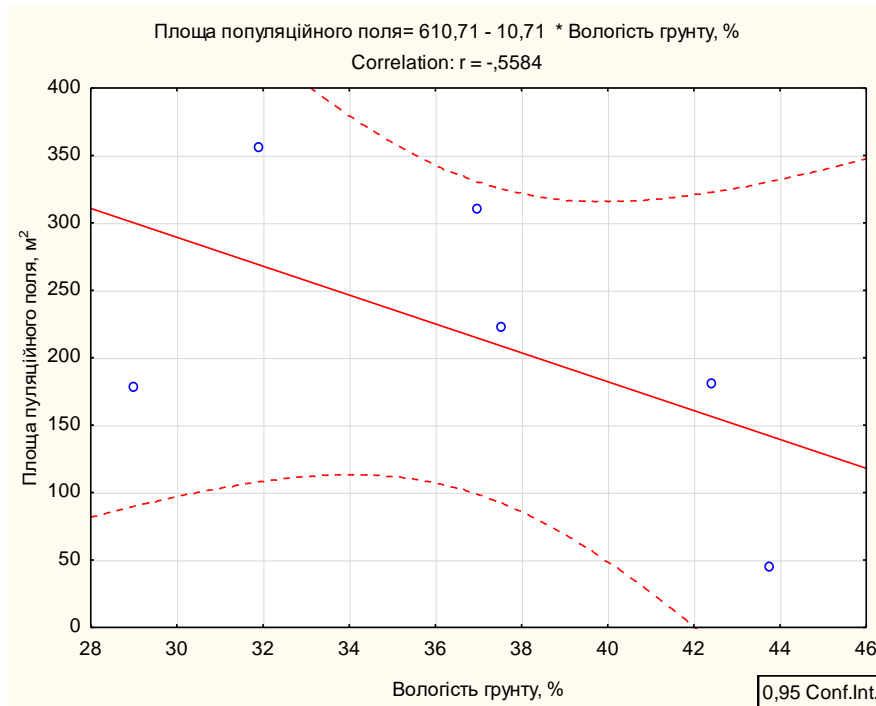


Рисунок 4.2. Зміна значень площі популяційного поля у *Stellaria holostea* на тлі зміни значень вологості ґрунту

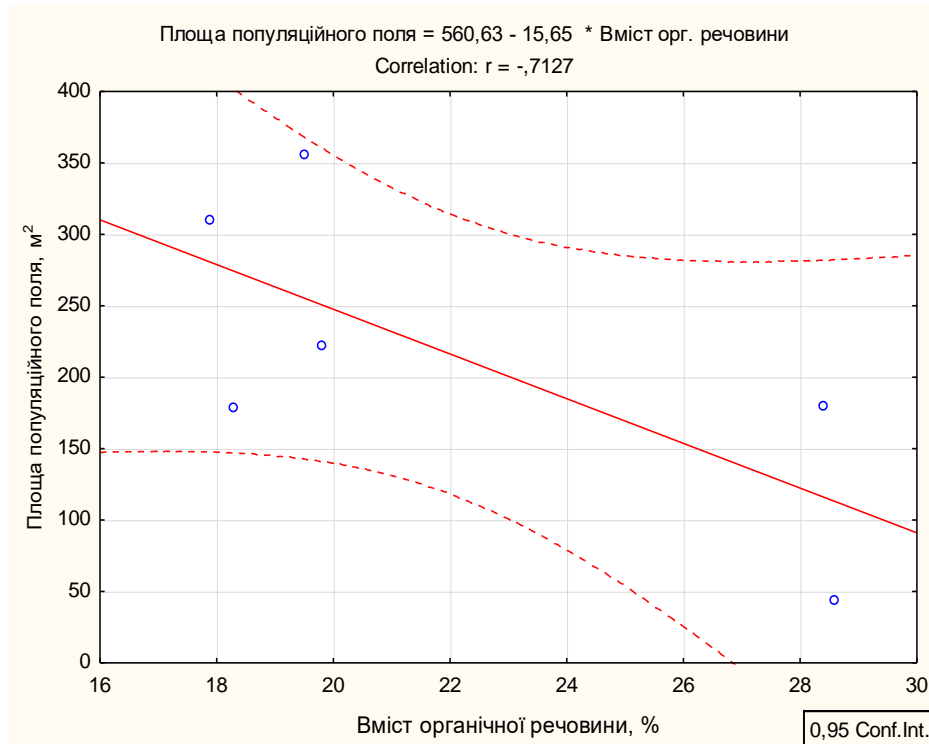


Рисунок 4.3. Зміна значень площі популяційного поля у *Stellaria holostea* на тлі зміни значень вмісту органічної речовини в ґрунті

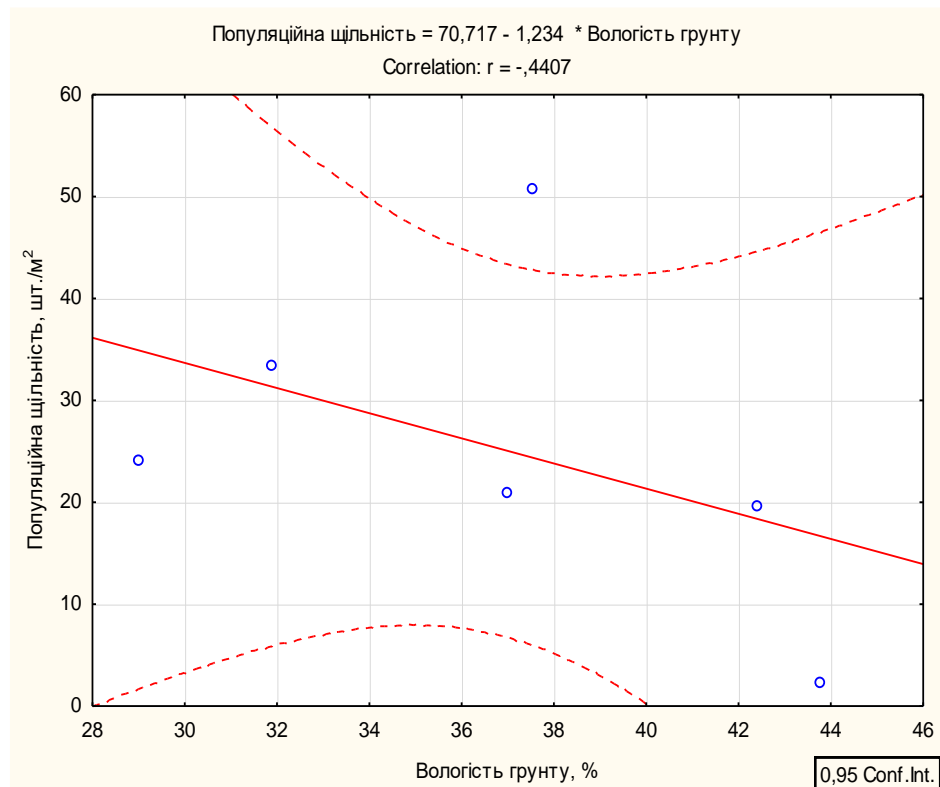


Рисунок 4.4. Зміна значень популяційної щільності *Stellaria holostea* на тлі зміни значень вологості ґрунту

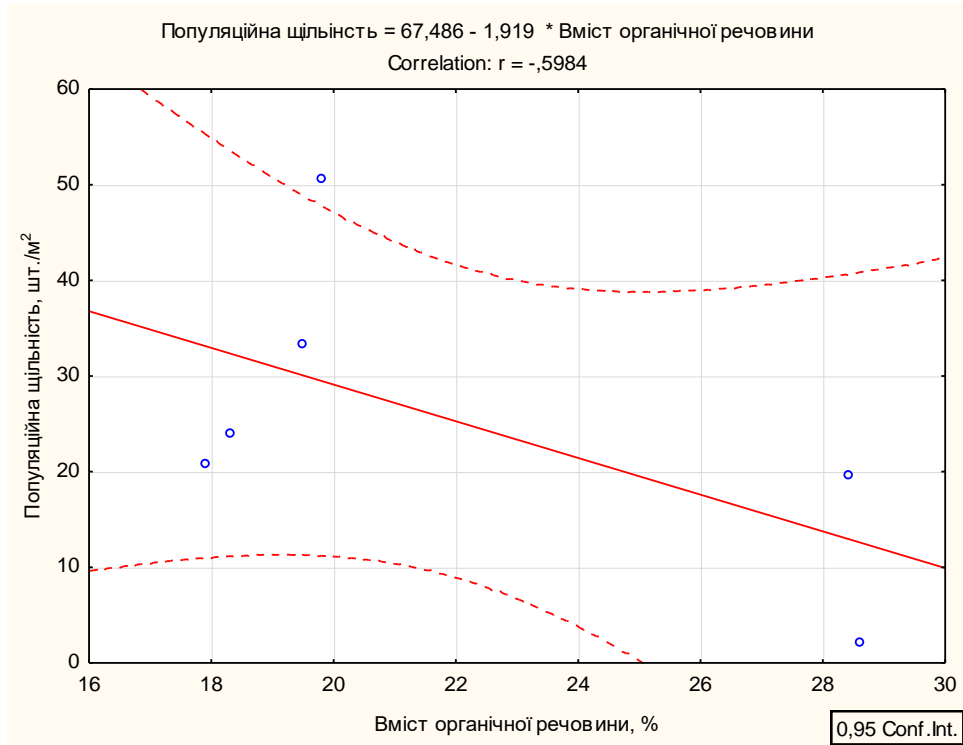


Рисунок 4.5. Зміна значень популяційної щільності *Stellaria holostea* на тлі зміни значень вмісту органічної речовини в ґрунті

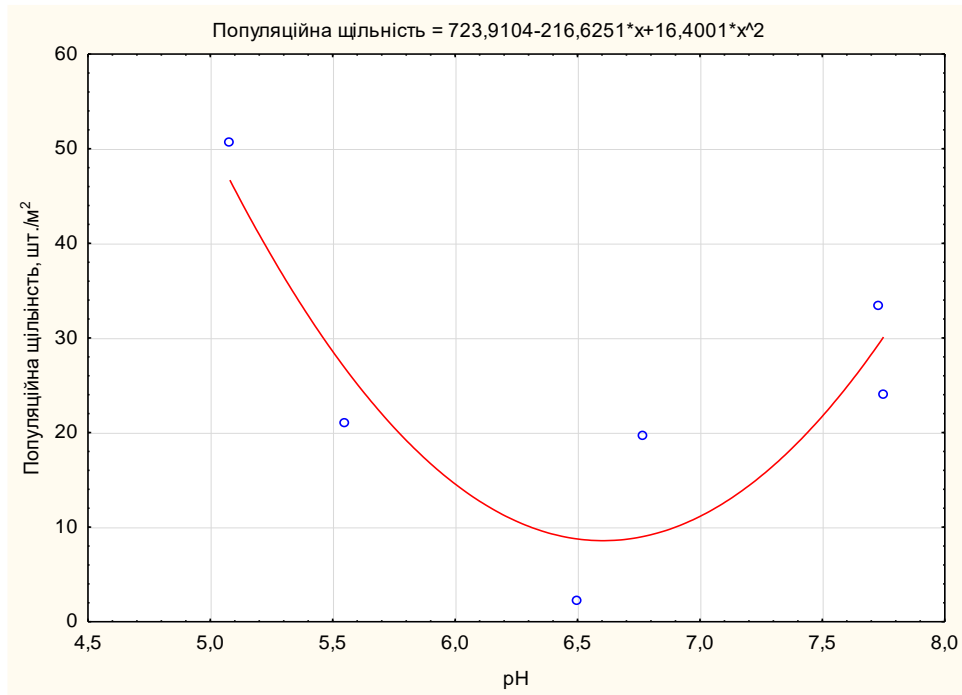


Рисунок 4.6. Зміна значень популяційної щільності *Stellaria holostea* на тлі зміни значень вмісту рН ґрунту

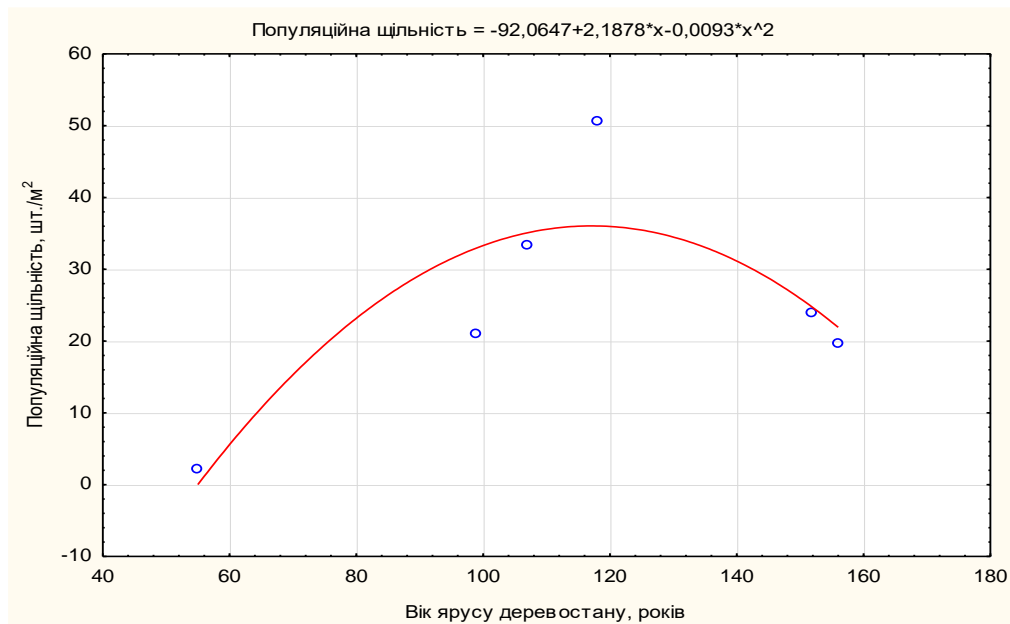


Рисунок 4.7. Зміна значень популяційної щільності *Stellaria holostea* на тлі зміни значень віку дерев ярусу деревостану

Вищі значення популяційної щільності зареєстровані в екосистемах, які розташовуються на схилі північної експозиції (рис. 4.8.). Більші значення популяційної щільності мають й популяції, які зростають в екосистемах, у яких запроваджено екологічний менеджмент (рис. 4.9).

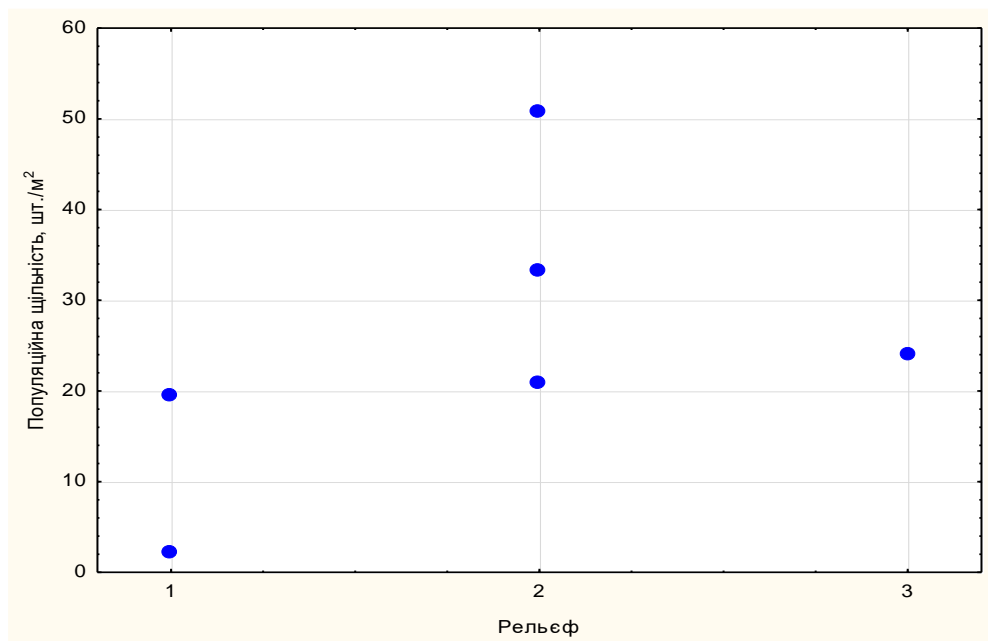


Рисунок 4.8. Показники популяційної щільності у *Stellaria holostea* при різних характеристиках рельєфу (1 – південної експозиції, 2 – схил північної експозиції, 3 – рівнинна територія).

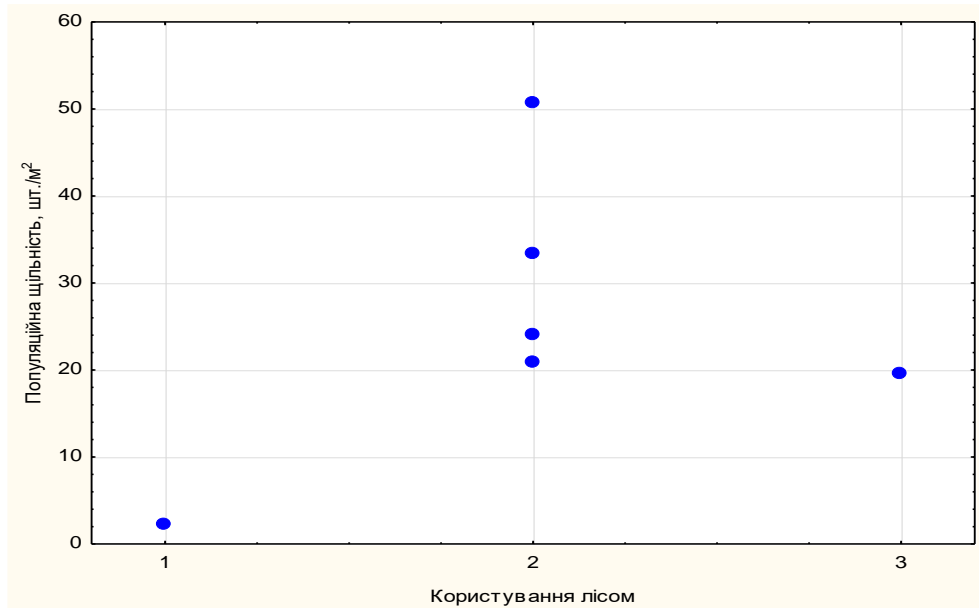


Рисунок 4.9. Показники популяційної щільності у *Stellaria holostea* в екосистемах із різними системами лісокористування (1 – здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини; 2 – запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліс, запроваджено природоохоронний режим)

За результатами вивчення просторового розміщення рослин *S. holostea* у межах популяційних полів, встановлено, що в усіх популяціях вони мають групове розміщення (див. табл. 4.1). Значною мірою це є результатом активного вегетативного розмноження рослин даного виду.

Вивчення ознак популяційних полів *S. holostea* науковцями здійснювалось й на теренах Сумської області. Зокрема, такі дослідження були проведені Шерстюк М.Ю. в широколистяних лісах урочища «Образ» (Сумський геоботанічний округ). Вивченням було охоплено угруповання *Fraxinetum (excelsioris) caricosum (pilosae)*, *Querceto (roboris)-Tilieto (cordatae)-Aceretum (platanoiditis) stellariosum (holostea)* та *Tilieto (cordatae)-Acereto (platanoiditis)-Quercetum (roboris) stellariosum (holostea)*. Показано, що значення популяційної щільності *S. holostea* у цих лісах становлять 8,4-33,7 шт. рослин/м² (Шерстюк, 2018). Тобто в умовах Геттінгенського лісу діапазон варіювання величин даної характеристики є більшим (від 2,2 до 50,7 шт. рослин /м²).

Узагальнення наявних даних про ознаки популяційних полів *S. holostea* було здійснене на основі застосування кластерного аналізу (рис. 4.10). Його результати засвідчили значний рівень подібності за цими характеристиками популяцій із лісів найстарших вікових груп (екосистеми №8 (вік 152 роки) та №9 (вік 156)), що, відповідно, репрезентують екосистему, у якій запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент (№8) та праліс (№9). На рівні евклідової відстані у 5 одиниць вони формують чітко виражений та відокремлений кластер. Ці дві популяції мають площу популяційного поля на рівні 178-180 м² та популяційну щільність у межах 19-24 шт. рослин/м².

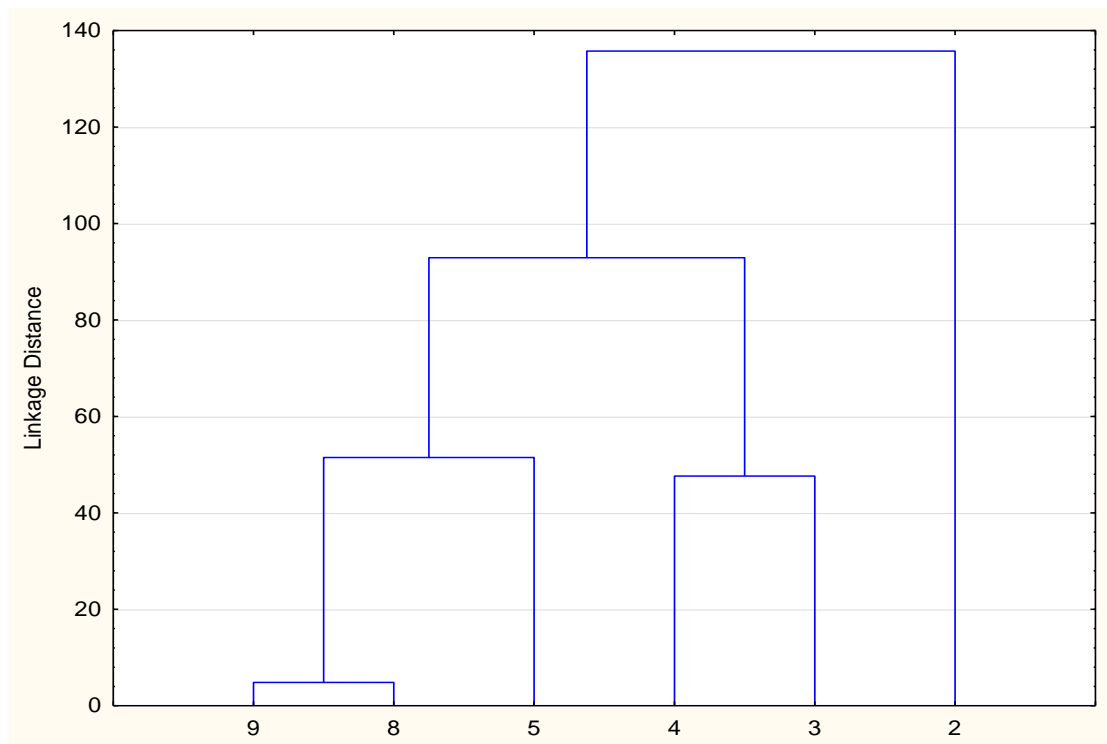


Рисунок 4.10. Результати кластерного аналізу популяцій *Stellaria holostea* за комплексом ознак популяційного поля (№2-9, нумерація екосистем відповідно табл. 4.1).

Окремий кластер (на рівні евклідової відстані 24 од.) формують популяції із екосистем лісів віком 99-107 років, у яких запроваджено екологічний менеджмент: *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* (№3) та *Fagus sylvatica* + *Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus* + *Anemone nemorosa* + *Viola hirta* (№4). Ці популяції вирізняються найвищими значеннями

величин площі популяційного поля (310-356 м²), також досить високим значеннями популяційної щільності (у межах 20-34 шт.рослин/м²).

Найбільш своєрідною (на рівні евклідової відстані у 138 од.) за характеристиками популяційних полів виявилась популяція екосистеми, якій відповідає фітоценоз *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*. Як вже відзначалось, ця популяція має найнижчі величини як площі популяційного поля (44 м²), такі популяційної щільності (у межах 2,2 шт.рослин/м²). На нашу думку, це є одним із наслідків того, що місцезростання цієї популяції мають один із найнижчих показників освітленості (982 ЛК) та є найбільш вологим (вологість ґрунту 43,48%) із найбільшим вмістом органічних сполук у ґрунті: 28,6%. Окрім того, воно, порівняно із місцезростаннями інших популяцій, зазнає найбільш потужного впливу лісогосподарської діяльності.

Різноплановий аналіз ознак популяційних полів *S. holostea* дозволив для показника популяційної щільності виявити низку характеристик, які відповідають параметрам еколого-ценотичного оптимуму (табл. 4.2).

Таблиця 4.2.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для показників популяційної щільності *Stellaria holostea* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	5,0
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,8%
Вік деревостанів	118-120
Вологість ґрунту	37,5%
Рельєф	Схил північної експозиції
Лісокористування	Ліси, де запроваджено екологічний менеджмент

4.2. Онтогенетична структура популяцій *Stellaria holostea*

На підставі аналізу онтогенетичної структури встановлено, що п'ять популяцій *S. holostea* мають неповні онтогенетичні спектри (табл. 4.3). Повний онтогенетичний спектр має лише популяція, яка сформувалася під наметом угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* (екосистема пралісу №9).

Таблиця 4.3.

Онтогенетична структура популяцій *Stellaria holostea*

Онтогенетичні стани	Досліджувані екосистеми ¹ та частка (у %) в них рослин різних онтогенетичних станів					
	№2 ⁺	№3 [»]	№4 [»]	№5 [»]	№8 [»]	№9 [*]
p	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,27
j	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,55
im	0,00	4,26	5,33	0,00	0,00	6,82
v	40,00	14,89	5,33	65,80	0,00	31,81
g ¹	60,00	21,28	41,34	7,89	11,11	15,91
g ²	0,00	53,18	32,00	17,54	59,26	9,09
g ³	0,00	0,00	0,00	8,77	5,56	15,91
ss	0,00	2,13	0,00	0,00	24,07	9,09
s	0,00	4,26	16,00	0,00	0,00	4,55
Разом	100	100	100	100	100	100

Примітка: тут далі в таблицях розділу 4 нумерація екосистем відповідає таблиці 4.1

У популяції із екосистеми №2 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*) присутні лише віргінільні та молоді генеративні рослини. У популяції із екосистеми №3 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) відсутні проростки і ювенільні рослини, а також старі генеративні. В екосистемі №5 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*) репрезентовані лише віргінільні та генеративні рослини, в екосистемі №4 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) - іматурні, віргінільні, молоді та середні генеративні, а також сенільні, в екосистемі №8 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Stellaria*

holostea+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*+*Viola hirta*) - генеративні та субсенільні особини.

В екосистемі пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) частка догенеративних особин становить 45,5% і переважає частку генеративних, яка дорівнює 40,9%, що вказує на лівосторонній онтогенетичний спектр (рис. 4.11). Лівосторонній онтогенетичний спектр характерний і для популяції екосистеми №5, яка має найбільшу частку віргінільних особин (65,8%) та також відрізняється переважанням догенеративних рослин. Це говорить про сприятливі умови для відновлювального процесу в екосистемах №5 і №9.

Усі інші чотири популяції мають центровані спектри, які відзначаються високою часткою генеративних особин: в екосистемі №2 їхня частка досягає 60,0%, в екосистемі №3 – 74,5%, екосистемі №4 – 73,3% і екосистемі №8 – 75,9%. Дані ділянки характеризуються слабо-вираженими відновлювальними процесами.

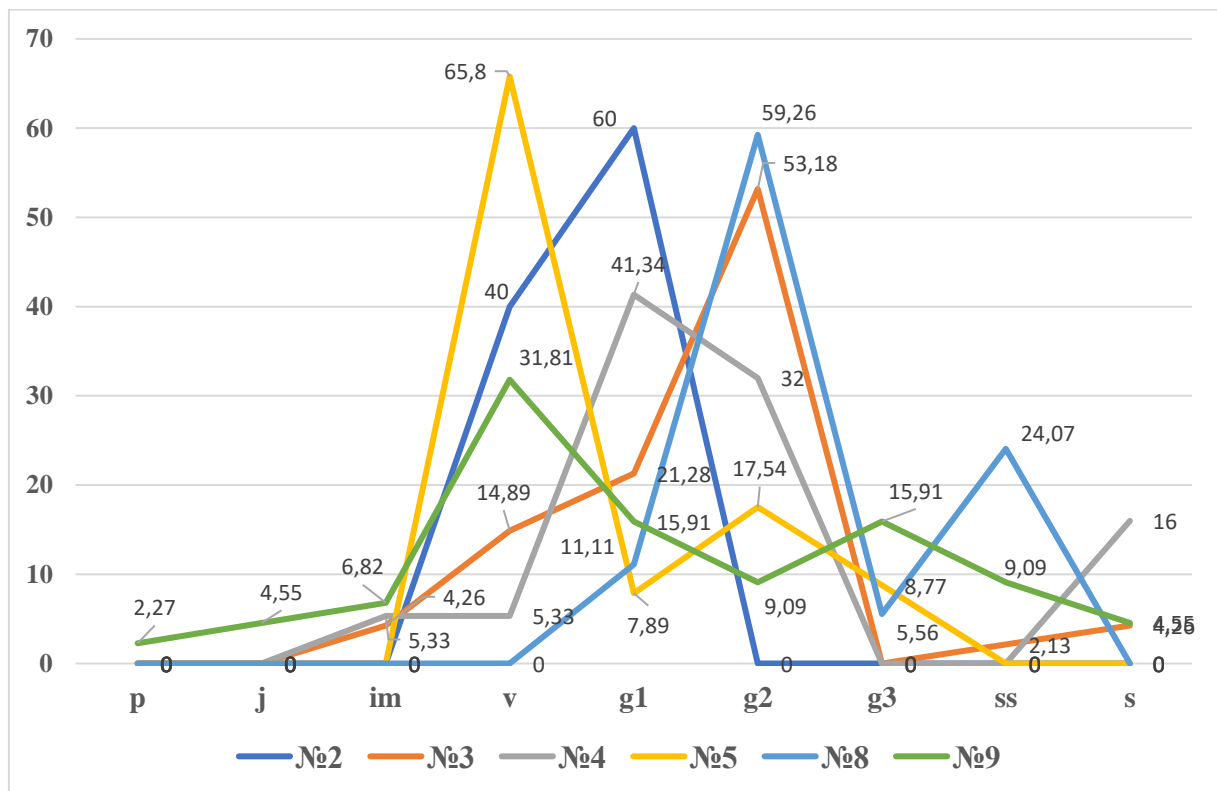


Рисунок 4.11. Онтогенетичні спектри популяцій *Stellaria holostea*

Узагальнення інформації щодо онтогенетичної структури популяцій *S. holostea* здійснено на основі розрахунку низки індексів (табл. 4.4). Популяції екосистеми із перестійного 118-річного лісу (екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*) та із екосистеми пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) вирізняються найвищими значеннями індексів відновлюваності (45,45% і 65,79%, відповідно), які переважають величини індексу генеративності (за І. М. Коваленком) у 1,1 і 1,9 рази, відповідно. Також у цих популяціях зареєстровано найвищі індекси відновлюваності за Л.О. Жуковою – М.В. Глотовим (0,51 і 0,66, відповідно) та за Л.І. Воронцовою (105,6% і 192,3%, відповідно).

Найнижчі індекси відновлюваності (за І. М. Коваленком) зареєстровано у трьох популяціях *S. holostea* із екосистем, у яких запроваджено екологічний менеджмент: із стиглого 99-річного лісу (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) – 19,15%; із перестійного 107-річного лісу (екосистема №4, угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) – 10,67% та із перестійного 152-річного лісу (екосистема №8, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Stellaria holostea*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*+*Viola hirta*) – 0,00%. Зазначені індекси відновлюваності у цих популяціях є набагато нижчими за індекси генеративності. Ці популяції мають найнижчі індекси відновлюваності й за Л. О. Жуковою – М. В. Глотовим та за Л. І. Воронцовою.

Встановлено, що популяція *S. holostea* із екосистеми №9 є перехідною, із екосистеми №5 – молодю, із екосистеми №2 – зрілою, із екосистем №3 і №4 – зрілою, із екосистеми №8 – старіючою (за Л. А. Животовським). Встановлено також, що в популяціях із екосистем №4 і №8 переважають процеси деградації, у всіх інших – інвазійні процеси (за І. М. Коваленком).

Таблиця 4.4.

Значення онтогенетичних індексів популяцій *Stellaria holostea*

Онтогенетичні індекси		Од. виміру	Досліджувані екосистеми					
			№2	№3	№4	№5	№8	№9
за І.М. Коваленком	Індекс відновлюваності	%	40,00	19,15	10,67	65,79	0,00	45,45
	Індекс старіння	%	0,00	6,38	16,00	8,77	29,63	29,55
	Індекс генеративності	%	60,00	74,47	73,33	34,21	75,93	40,91
	Індекс віковості	к-т	0,00 (переважають інвазійні процеси)	0,33 (переважають інвазійні процеси)	1,50 (переважають процеси деградації)	0,13 (переважають інвазійні процеси)	29629,63 (переважають процеси деградації)	0,65 (переважають інвазійні процеси)
за Л. О. Жуковою – М. В. Готовим	Індекс відновлюваності	к-т	0,40	0,20	0,13	0,66	0,00	0,51
	Індекс старіння	к-т	0,00	0,06	0,16	0,00	0,24	0,14
	Індекс заміщення	к-т	0,67	0,24	0,12	1,92	0,00	0,79
за Л. І. Воронцовою	Індекс відновлюваності	%	66,67	25,71	14,55	192,31	0,00	105,56
за А.О. Урановим	Індекс віковості	Δ	0,21	0,40	0,43	0,25	0,58	0,37
за Л.А. Животовським	Індекс ефективності	ω	0,64	0,79	0,71	0,58	0,82	0,54
Тип популяції								
за Т.О. Работновим			нормальна	нормальна	нормальна	інвазійна	нормальна	інвазійна
за Л. О. Жуковою			нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна
за Л.А. Животовським,			зріюча	зріла	зріла	молода	старіюча	перехідна

Було проведено аналіз впливу провідних еколого-ценотичних чинників на величини онтогенетичних індексів. Насамперед було застосовано кореляційний аналіз (табл. 4.5). Його результати засвідчили існування тісних та статистично достовірних взаємозв'язків між показниками освітленості, вологості ґрунту, віку ярусу деревостану та величинами п'яти індексів (відновлюваності, старіння, генеративності, віковості Δ та ефективності) при r (за модулем) на рівні 0,818869-0,971303.

Таблиця 4.5.

Результати кореляційного аналізу з охопленням онтогенетичних індексів

Екоознаки	Індекс					
	ВІДНОВЛЮ ВАНОСТІ	старіння	генератив НОСТІ	ВІКОВОСТІ	ВІКОВОСТІ, Δ	ефективн ОСТІ, ω
значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r) ¹						
Освітленість	0,865161*	0,150256	-0,97130*	-0,436417	-0,493199	-0,82597*
Вологість ґрунту	0,722019	-0,416782	-0,595441	-0,675158	-0,81886*	-0,759753
Кислотність ґрунту, рН	-0,724200	0,595138	0,538523	0,528826	0,652038	0,376265
Вміст органічних речовин в ґрунті	0,470489	-0,043445	-0,472767	-0,369127	-0,551856	-0,715765
Вік деревостанів	-0,139723	0,930365*	-0,178510	0,491795	0,646163	0,149047
Загальне проєктивне покриття	-0,543494	-0,327893	0,661709	-0,047380	0,119259	0,344740
Проективне покриття домінанту	0,066135	-0,195482	0,033968	-0,108481	0,063227	0,330384
Популяційна щільність	0,264395	0,132871	-0,356285	-0,033967	0,067836	-0,090037

Примітка: * позначено, взаємозв'язки, статистично достовірні на рівні 0,95% і вище

Отримані результати свідчать, що на онтогенетичні характеристики популяції *S. holostea* потужний вплив проявляє чинник освітленості: його рівень визначає величини відразу трьох індексів. При цьому на тлі збільшення освітленості відбувається зменшення величин індексу генеративності

(рис. 4.12.), ефективності та, навпаки, збільшення індексів відновлюваності (рис. 4.13.).

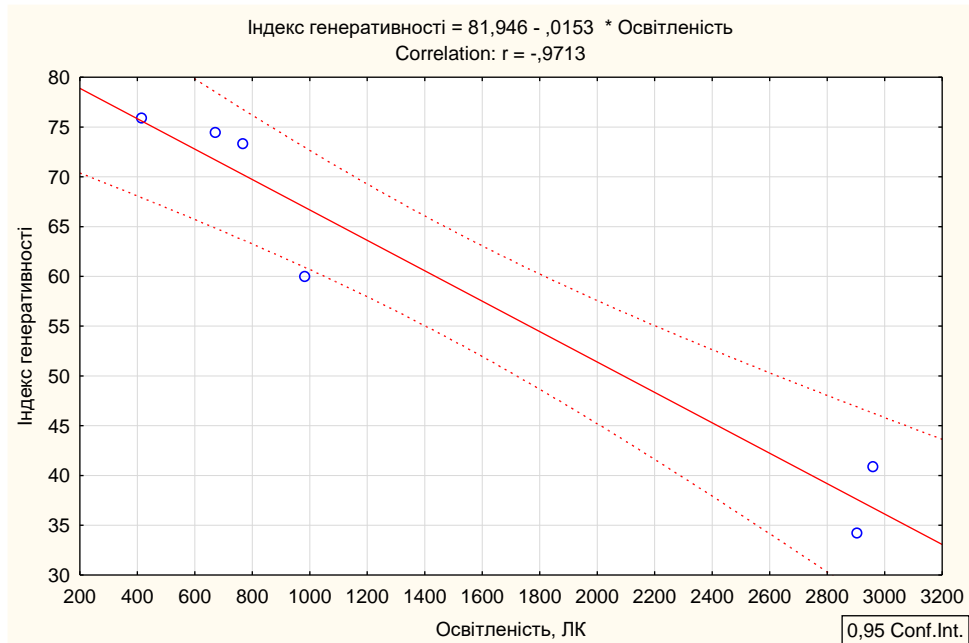


Рисунок 4.12. Зміна у популяції *Stellaria holostea* величин індексу генеративності на тлі показників освітленості

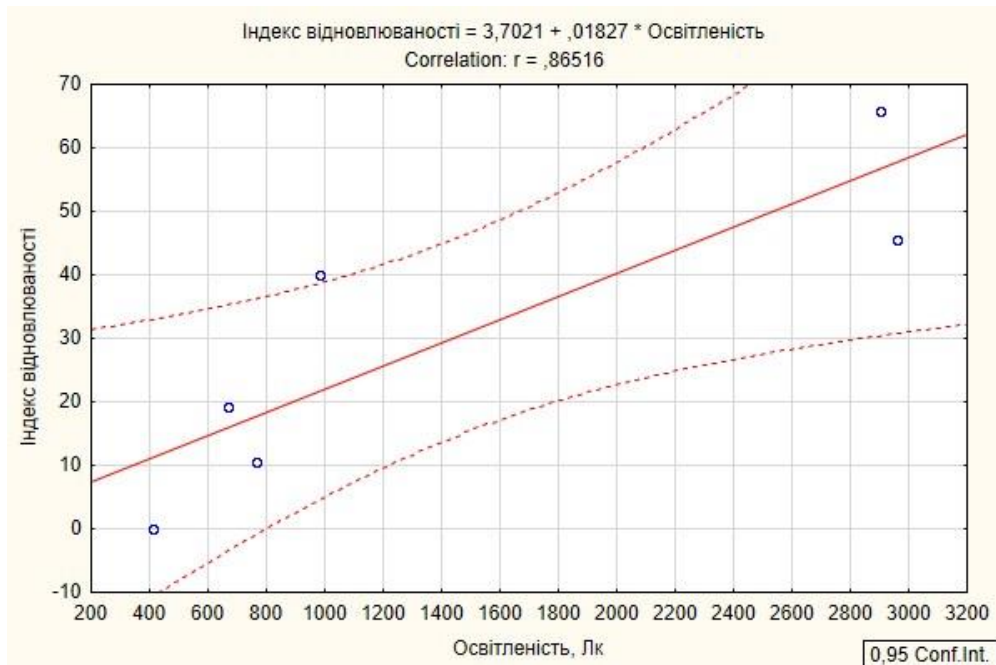


Рисунок 4.13. Зміна у популяції *Stellaria holostea* величин індексу відновлюваності на тлі показників освітленості

Збільшення вологості має наслідком зменшення величин індексу віковості за Урановим (рис. 4.14.), і, навпаки – збільшення індексу відновлюваності (рис. 4.15.). Разом з тим значення останнього індексу зменшуються при збільшенні рН ґрунту (рис. 4.16.).

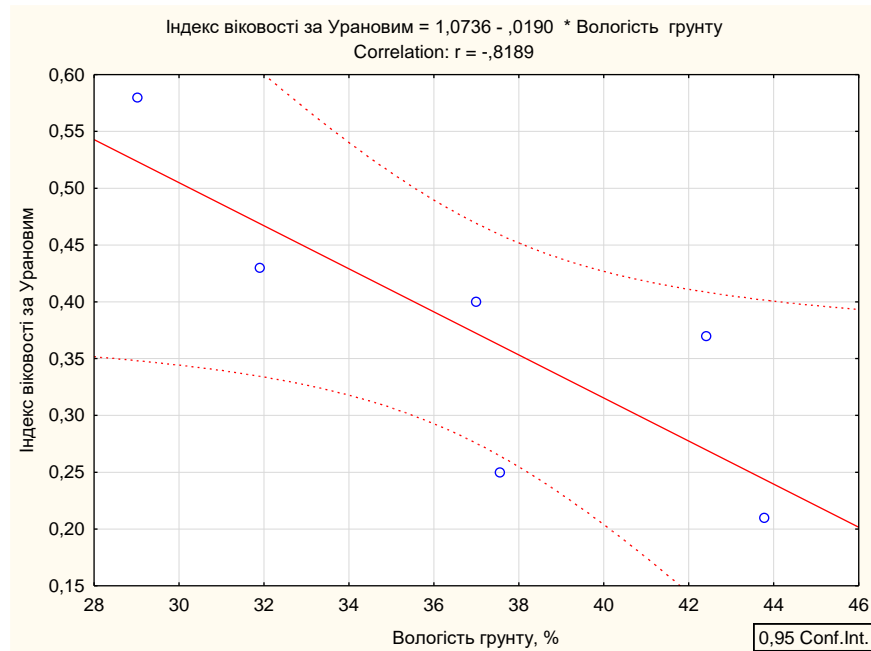


Рисунок 4.14. Зміна у популяції *Stellaria holostea* величин індексу віковості (Δ Уранова) на тлі показників віку дерев ярусу деревостану

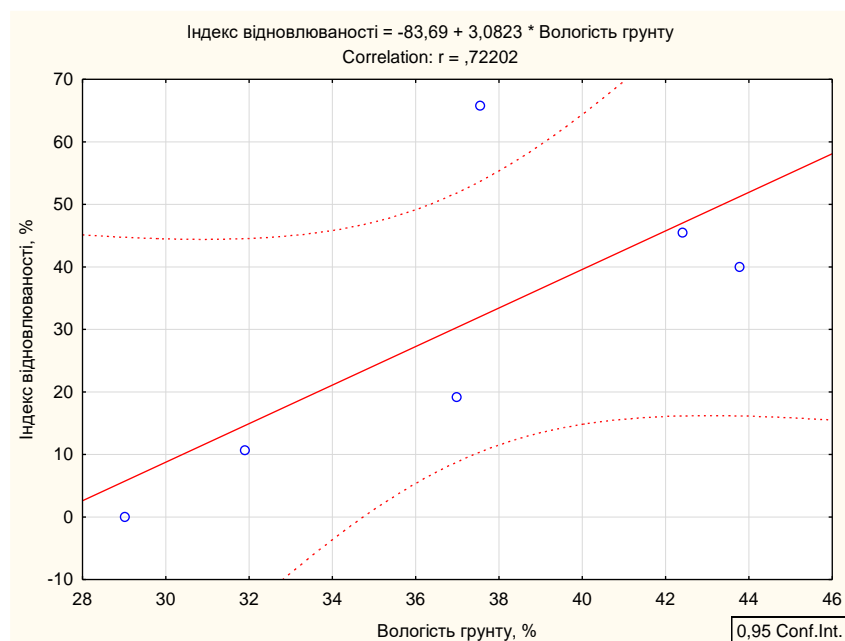


Рисунок 4.15. Зміна у популяції *Stellaria holostea* величин індексу відновлюваності на тлі показників вологості ґрунту

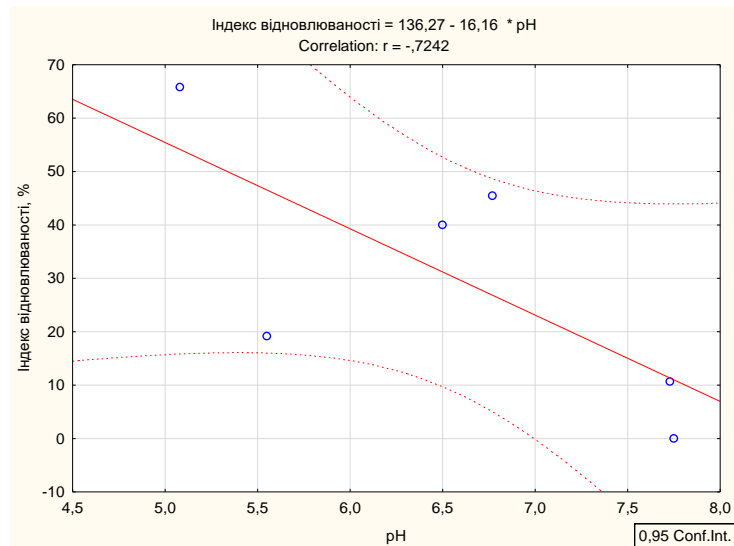


Рисунок 4.16. Зміна у популяції *Stellaria holostea* величин індексу відновлюваності на тлі показників рН ґрунту

Загальний аналіз еколого-ценотичних взаємодій свідчить про потужний вплив абіотичних екочинників на онтогенетичні характеристики популяцій *S. holostea*. Найсуттєвішими є взаємодії, які виникають на тлі дії чинника освітленості: значення коефіцієнтів кореляції (r) між показниками освітленості та величинами онтогенетичних індексів здебільшого варіюють у межах 0,436417-0,971303 (за модулем). Вагомими є й кореляційні залежності, що встановлені для чинника вологості ґрунту: при r у межах 0,416782-0,818869 (за модулем). Отримані дані доводять, що збільшення освітленості та вологості ґрунту супроводжуються зменшенням у популяціях *S. holostea* частки генеративних рослин, збільшенням частки догенеративних рослин та зростанням прояву інвазійних явищ, що у свою чергу вказує на активізацію в більш освітлених та вологіших місцезростаннях відновлювальних процесів.

Кореляційні показники (r) для чинника кислотності (рН) ґрунту та онтогенетичних індексів здебільшого знаходяться у межах 0,376265-0,724200 (за модулем), а для чинника вмісту органічних речовин – у межах 0,369127-0,715765. У впливі цих двох чинників проявляються абсолютно протилежні тенденції. Так, зростання рН ґрунту супроводжується зменшенням індексу відновлюваності (тобто зменшенням у складі популяції частки догенеративних рослин при уповільненні відновлювальних процесів), зростанням значень

абсолютної більшості онтогенетичних індексів та, відповідно, збільшенням у складі популяцій генеративних та постгенеративних рослин із загальним проявом тенденції до переважання в популяції деградаційних процесів. Навпаки, при зростанні вмісту органічних речовин відновлювальні процеси в популяціях активізуються (зростають величини індексу відновлюваності та, відповідно, частка догенеративних рослин), проявляється тенденція до переважання в популяції інвазійних процесів при зменшенні у них частки постгенеративних і, особливо, генеративних рослин.

Ценотичні чинники, порівняно із абіотичними, загалом проявляють меш потужний вплив на онтогенетичну структуру та онтогенетичні індекси популяцій *S. holostea*. Так кореляційні показники (r) для загального проєктивного покриття ярусу трав здебільшого становлять 0,119259-0,543494 (за модулем), а для проєктивного покриття домінанту - 0,108481-0,330384 (за модулем). Проявляється тенденція (при r 0,543494-0,661709 (за модулем)) до збільшення у популяціях *S. holostea* частки генеративних та зменшення частки догенеративних рослин на тлі зростання загального проєктивного покриття ярусу трав.

Разом з тим, чинник віку ярусу деревостану проявив дуже високий рівень статистично достовірного прямопропорційного впливу на значення індексу старіння (при $r=0,930365$) (рис. 4.17.). На тлі збільшення віку проявляється тенденція на зростання величин індексів відновлюваності (при $r=0,491795$ -0,646163) та, відповідно, до більшої вираженості в популяціях деградаційних процесів.

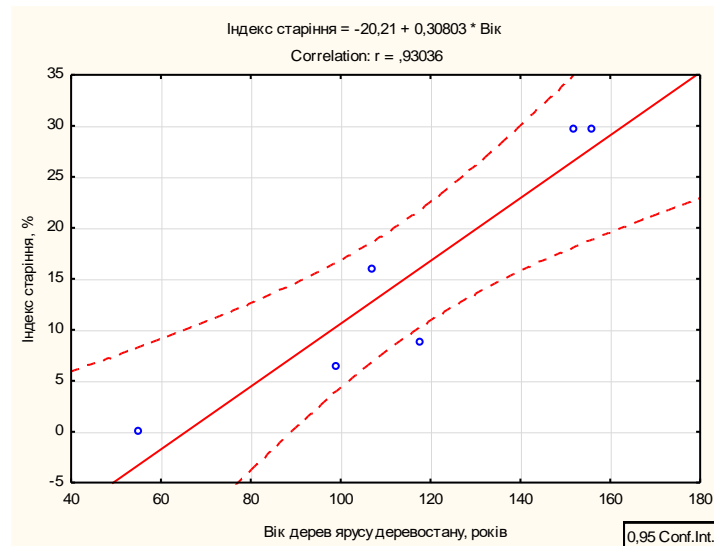


Рисунок 4.17. Зміна у популяції *Stellaria holostea* величин індексу старіння на тлі показників віку дерев ярусу деревостану

Найнижчі показники індексу відновлюваності (20% і менше) і, навпаки, найвищі значення індексу генеративності (більші за 73%) зареєстровані у популяції *S. holostea*, які зростають під наметом лісів із домінуванням *Fagus sylvatica* та співдомінуванням *Fraxinus excelsior* або *Prunus cerasus* (рис. 4.18, 4.19.). Навпаки, найактивніші відновлювальні процеси при найвищих значеннях індексу відновлюваності (40% і вище) відбуваються під наметом монодомінантних букових лісів або у букових лісах із співдомінуванням *Acer pseudoplatanus*. У цих же лісах величини індексу генеративності є одними із найнижчих (60% і менше). При цьому показники індексу старіння зростають у наступній послідовності варіантів видового складу ярусу деревостану: *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* (0-8,77%) → *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* (16,0%) → *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* (середнє значення 18,0%) → *Fagus sylvatica* (29,55%) (рис. 4.20.). Разом з тим, у окремих популяції *S. holostea* із букових лісів із співдомінуванням *Fraxinus excelsior* також реєструвались високі показники індексу старіння (на рівні 29,63%).

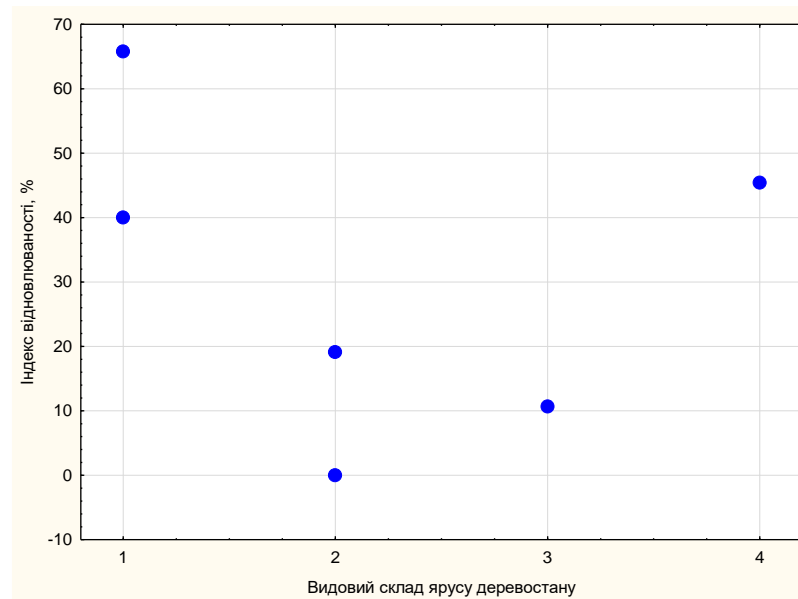


Рисунок 4.18. Показники індексу відновлюваності у популяції *Stellaria holostea* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану. Тут та на рис. 4.19, 4.20 номерами позначено наступні варіанти видового складу ярусу деревостану:

1. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 2. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*;
3. *Fagus sylvatica* + *Prunus cerasus*; 4. *Fagus sylvatica*

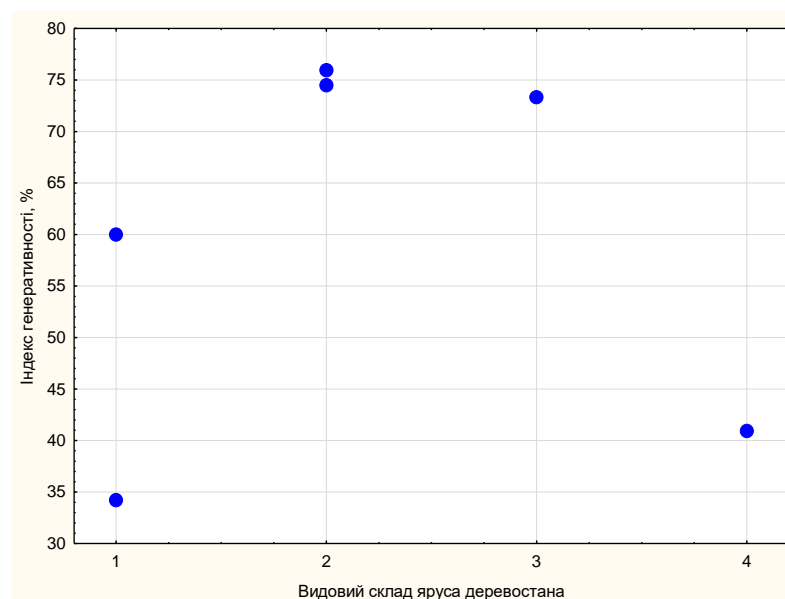


Рисунок 4.19. Показники індексу генеративності у популяції *Stellaria holostea* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

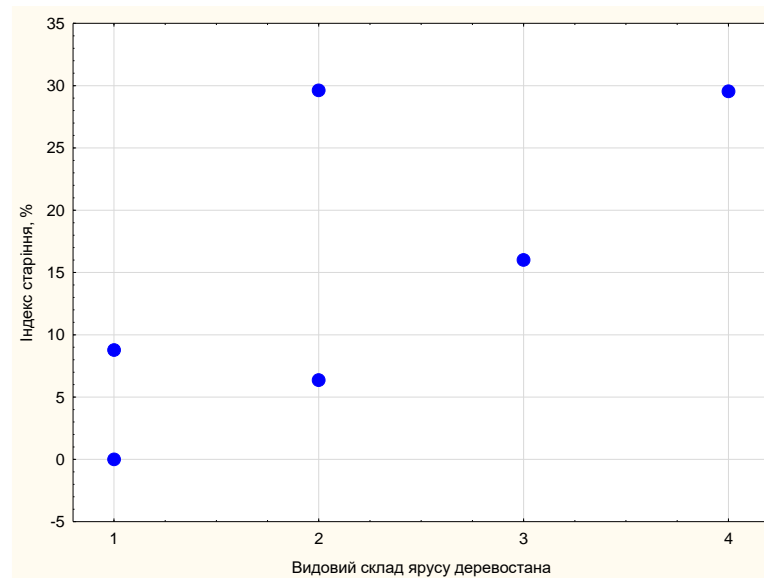


Рисунок 4.20. Показники індексу старіння у популяції *Stellaria holostea* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

Найнижчі значенні індексу відновлюваності (0-10,67%) та, навпаки, найвищі величини індексу генеративності (73,33-75,93%) зареєстровані в екосистемах, де у ярусі трав домінує *Stellaria holostea* або *Lathyrus vernus* (рис. 4.21, 4.22). Популяції *Stellaria holostea* із екосистем, у ярусі трав яких домінує *Allium ursinum*, вирізнялись досить значними величинами як індексу відновлюваності (40%), так і індексу генеративності (60%). Також встановлено, що значення індексу старіння у популяції *S. holostea* зростають у наступній послідовності домінантів ярусу трав: *Allium ursinum* (0%) → *Anemone nemorosa* (6,38-8,77%) → *Lathyrus vernus* (16,0%) → *Stellaria holostea*, *Asarum europaeum* (29,55-29,63%) (рис. 4.23).

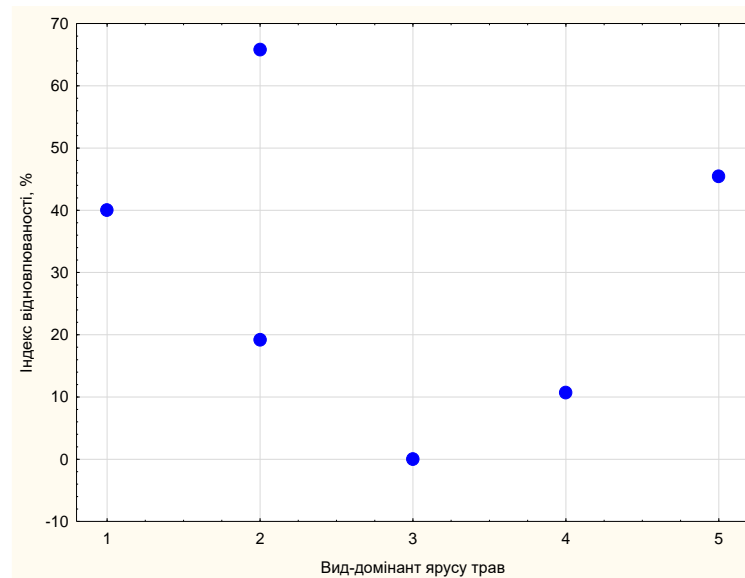


Рисунок 4.21. Показники індексу відновлюваності у популяції *Stellaria holostea* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Тут та на рис. 4.22, 4.23 номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Stellaria holostea*; 4. *Lathyrus vernus*; 5. *Asarum europaeum*

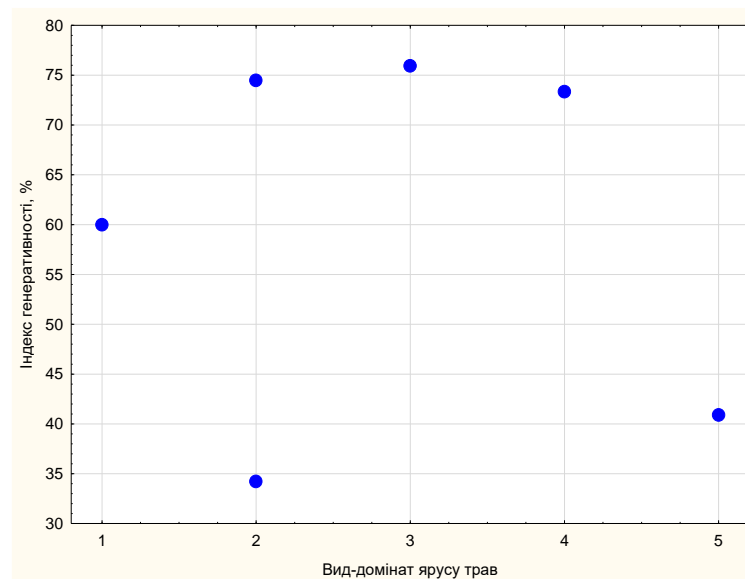


Рисунок 4.22. Показники індексу генеративності у популяції *Stellaria holostea* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

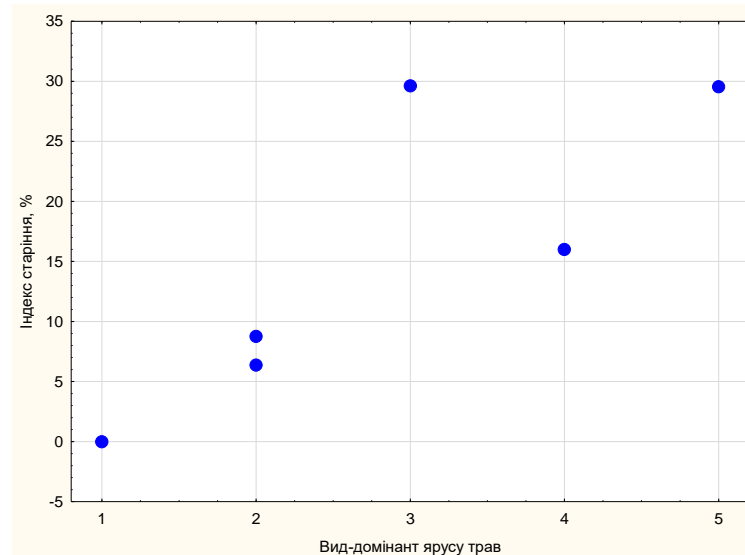


Рисунок 4.23. Показники індексу старіння у популяції *Stellaria holostea* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

Зареєстровано зменшення величин індексу відновлюваності у порядку схил південної експозиції → схил північної експозиції → рівнина територія (рис. 4.24.). На цьому ж градієнті зареєстроване збільшення значень індексу старіння (рис. 4.25.).

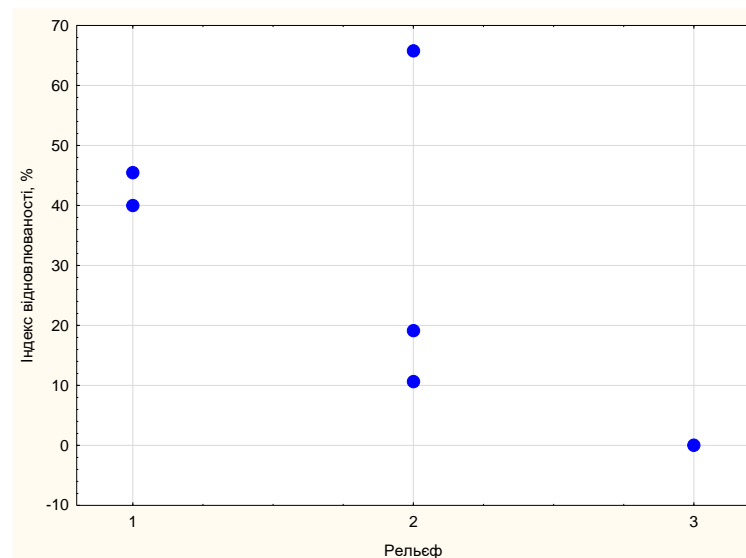


Рисунок 4.24. Показники індексу відновлюваності популяції *Stellaria holostea* при різних характеристиках рельєфу (1 – схил південної експозиції, 2 – схил північної експозиції, 3 – рівнина територія)

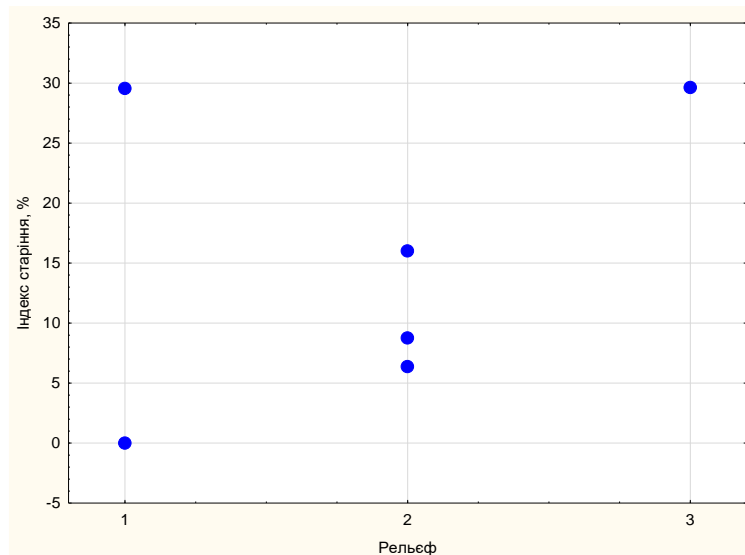


Рисунок 4.25. Показники індексу старіння популяцій *Stellaria holostea* при різних характеристиках рельєфу (1 – схил південної експозиції, 2 – схил північної експозиції, 3 – рівнинна територія).

При порівнянні власних результатів із даними онтогенетичного аналізу, які застосовуються до популяцій *S. holostea*, що зростають у лісах України, зокрема, в урочищі «Образ» (Шерстюк, 2018), встановлено в останніх більшу частоту трапляння популяцій із повними спектрами. Разом з тим, як і у Геттінгенському лісі, широкую представленість мають лівосторонні (наприклад, в угрупованні *Querceto (roboris) - Tilieto (cordatae) - Aceretum (platanoiditis) stellariosum (holostea)*) та центровані (наприклад, в угрупованні *Fraxinetum (excelsioris) caricosum (pilosae)*) спектри. Популяція із угруповання *Tilieto (cordatae) - Acereto (platanoiditis) - Quercetum (roboris) stellariosum (holostea)* має збалансовану структуру в аспекті представленості догенеративних та генеративних рослин. Частка перших з них становить 43,6 %, а других - 56,4 %.

У лісових екосистемах Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» у результаті аналізу онтогенетичного стану популяцій *S. holostea* встановлено, що популяції із усіх досліджуваних угруповань (*Querceto-Pinetum coryloso-stellariosum*, *Querceto-Pinetum stellariosum* і *Quercetum coryloso-caricoso-stellariosum*) мали, як і в Геттінгенському лісі, неповні центровані онтогенетичні спектри, у яких були відсутніми проростки, ювенільні і субсенільні рослини (Коваленко, 2016).

Як засвідчили результати кластерного аналізу, в Геттінгенському лісі за комплексом величин онтогенетичних індексів найбільший рівень подібності (на рівні евклідової відстані 12,93 од.) проявили популяції із лісів віком 99-108 років, у яких домінантом є *Fagus sylvatica*, а співдомінантом - *Fraxinus excelsior* або *Prunus cerasus* (екосистеми №3 та №4) (рис. 4.26.). В обох цих екосистемах запроваджено екологічний менеджмент. На рівні евклідової відстані у 26,17 од. подібність до цих двох популяцій проявила популяція екосистеми №2 із середньовікового лісу, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*. Дана екосистема, на відміну від двох попередніх, залучена до системи лісогосподарського користування. Спільною ознакою популяцій із екосистем №№2-4 є те, що їхні онтогенетичні спектри є неповними за представленістю рослин різних онтогенетичних станів, частка генеративних рослин у них досягає 60,0-74,4%, а самі популяції є зрілими та зріючими. Популяції із екосистем №3 та №4 проявили подібність (на рівні евклідової відстані 49,36 од.) й з врахуванням сукупності ознак онтогенетичної структури та популяційних полів (рис. 4.27.). Вони мали близькі показники як за площею популяційного поля (310-356 м²), так і за популяційною щільністю (20,9-33,3 шт./м²).

linkage distance	Euclidean distances					
	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6
12,92790	3	4				
26,17222	2	3	4			
29,84458	5	9				
35,60593	2	3	4	5	9	
29628,13	2	3	4	5	9	8

Рисунок 4.26. Результати кластерного аналізу популяцій *Stellaria holostea* за комплексом величин онтогенетичних індексів (тут і на рис. 4.27 нумерація екосистем (№2-9) відповідає табл. 4.1)

linkage distance	Euclidean distances					
	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6
49,36487	3	4				
60,18230	5	9				
111,5079	3	4	5	9		
141,6564	2	3	4	5	9	
29628,67	2	3	4	5	9	8

Рисунок 4.27. Результати кластерного аналізу популяцій *Stellaria holostea* за комплексом ознак популяційного поля та онтогенетичної структури

На рівні евклідової відстані у 29,84 од. подібність притаманна популяціям із екосистем №5 та 9: перестійного лісу віком 118 років (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*) та пралісу віком 156 років. Спільною ознакою популяцій із цих екосистем є те, що їхні онтогенетичні спектри є неповними за представленістю рослин різних онтогенетичних станів, частка догенеративних рослин у їхньому складі становить 45,45-65,79%, а генеративних - 34,21-40,91%. В обох популяціях переважають інвазійні процеси, а самі популяції є перехідними та молодими. Популяції із екосистем №5 та №9 проявили подібність (на рівні евклідової відстані 60,18 од.) й з врахуванням сукупності ознак онтогенетичної структури та популяційних полів. Вони мали досить близькі показники площі популяційного поля (180-222 м²). Значення популяційної щільності були більш відмінними: 50,7±19,00 шт./м² та 19,6±8,58 шт./м², відповідно.

Найбільш своєрідною за ознаками онтогенетичної структури виявилась популяція із екосистеми перестійного лісу, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Stellaria holostea*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*+*Viola hirta* (екосистема №8). Ця популяція, на відміну від інших, є старіючою. Специфічність онтогенетичного стану проявляється й у відсутності у її складі догенеративних рослин. Разом з тим, частка генеративних рослин у ній досягає 75,93%, а значення індексу старіння - 29,63. Ця популяція зберегла своєрідність і з врахуванням сукупності ознак онтогенетичної структури та популяційного поля.

Проведений аналіз дозволив виділити провідні ознаки еколого-ценотичного оптимуму щодо онтогенетичної структури популяцій *S. holostea* (табл. 4.6.). Безпосередньо цей аналіз був здійснений з опорою на значення індексу віковості (за І.М. Коваленком) у діапазоні величин 0,11-0,33, якому відповідали величини індексу відновлюваності на рівні 19,15-65,79% та індексу генеративності 34,21-74,47 при значеннях індексів старіння, що не перевищували 8,77%.

Таблиця 4.6.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для ознак онтогенетичної структури популяцій *Stellaria holostea* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Освітленість	671–982 Лк; 2903Лк
Кислотність ґрунту	pH = 5,08-6,5
Вміст органічних речовин в ґрунті	17,9; 19,8–28,6%
Вік деревостанів	55-118 років
Вологість ґрунту	37,55-43,78%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Насамперед кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	70–90%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	40–60%.
Лісокористування	Ліси, у яких запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент

4.3. Морфоознаки рослин і популяції *Stellaria holostea* у Геттінгенському лісі та вплив на них еколого-ценотичних чинників

4.3.1. Ознаки розміру й морфоструктури рослин та популяцій в умовах різних екосистем

Для оцінки стану особин *S. holostea* у кожній з досліджуваних екосистем було застосовано морфометричний аналіз. Було досліджено 16 розмірних величин (табл. 4.7.) та проаналізовано їх середні значення. Встановлено, що величини усіх морфопараметрів статистично достовірно змінювались за досліджуваними екосистемами (при $p=0,000000-0,000467$). Кожен із них проявляв значний рівень специфічності в розподілі величин за екосистемами, хоча при цьому проявляються й певні закономірності. Так, найбільші значення (50% морфопараметрів) припадали на популяцію екосистеми №5, а найменші (по 37,5%) - на екосистеми №3 та №8. Був проаналізований не лише розподіл абсолютних значень морфопараметрів, а й ступінь їхнього варіювання. Встановлено, що значення коефіцієнту варіації значень морфопараметрів в популяціях загалом відповідали діапазону 11,15-72,73%, що відповідає варіації від низького рівня варіювання до дуже високого. Однак здебільшого показники варіювання знаходились у межах 20,0-60,0%, тобто від середнього до великого (включно) (Додаток Е).

За результатами аналізу значень розмірних показників встановлено, що у кожній екосистемі формуються рослини *S. holostea* із специфічною морфоструктурою. З опорою на величини морфопараметрів, які доповнені побудовою діаграм (що унаочнюють інформацію про розподіл величин морфопараметрів за популяціями) (Додаток Б), з'ясовано, що рослини популяції із екосистеми №3 (стиглий 99-річний ліс із включенням до екологічного менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) вирізняються не лише найменшими значеннями шести (37,5%) морфопараметрів (W, Wl, h, Wg, LWR, hdR), а й найбільшими

Таблиця 4.7.

Середні значення морфопараметрів ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$) рослини *Stellaria holostea* різних екосистем Геттінгенського лісу

Морфопараметри ¹	Досліджувані екосистеми						Довірчий рівень, p
	№2 ⁺	№3 [»]	№4 [»]	№5 [»]	№8 [»]	№9 [*]	
W	1,49±0,11	0,67±0,07	1,19±0,05	1,88±0,18	1,31±0,08	1,58±0,12	0,000000*
Wl	0,49±0,04	0,15±0,01	0,44±0,03	0,61±0,05	0,50±0,03	0,68±0,07	0,000000*
h	42,65±1,40	26,89±0,86	30,18±0,80	37,68±1,26	35,03±0,96	36,35±1,48	0,000000*
Wg	0,22±0,02	0,19±0,01	0,24±0,01	0,40±0,04	0,19±0,01	0,21±0,01	0,000000*
Nl	26,53±1,34	27,96±1,27	31,60±1,15	39,30±2,79	26,03±1,11	31,29±1,53	0,000000*
Nfl	10,13±0,72	14,56±0,90	11,63±0,58	20,93±2,38	10,53±0,51	11,96±0,76	0,000000*
A	80,23±9,01	49,02±5,74	77,98±5,73	135,64±18,01	41,81±4,70	98,26±10,82	0,000000*
al	2,83±0,20	1,65±0,12	2,41±0,13	3,20±0,19	1,53±0,11	3,01±0,23	0,000000*
d	0,22±0,01	0,25±0,01	0,25±0,01	0,30±0,01	0,24±0,01	0,22±0,01	0,000467*
LAR	52,96±3,84	62,77±5,11	63,57±2,55	69,65±3,86	30,53±1,75	62,69±4,44	0,000000*
LWR	0,33±0,01	0,20±0,01	0,37±0,01	0,33±0,01	0,38±0,01	0,41±0,01	0,000000*
hWR	32,47±1,86	40,25±3,95	26,45±1,05	23,52±1,64	28,47±1,05	25,60±1,36	0,000000*
AdR	35,05±3,17	19,03±1,84	31,05±2,23	43,44±3,96	17,14±1,69	50,11±6,46	0,000000*
hdR	202,94±11,50	111,51±6,11	123,13±4,60	132,70±6,70	148,84±5,53	189,32±17,44	0,000000*
RE1	14,84±0,73	26,13±2,25	20,79±1,04	21,41±0,85	15,81±0,66	14,04±0,86	0,000000*
RE2	0,31±0,02	0,46±0,03	0,35±0,02	0,34±0,02	0,57±0,04	0,26±0,02	0,000000*

Примітка: у таблиці позначено:

- найбільше значення
 - найменше значення

величинами репродуктивного зусилля (RE1). Рослини популяції із екосистеми №8 (перестійний 152-річний ліс із системою екологічного менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Stellaria holostea*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*+*Viola hirta*) мали найменші величини шести (37,5%) інших морфопоказників (Wg, Nl, A, al, LAR, AdR) при найбільших значеннях репродуктивного зусилля (RE2). Тобто, рослин популяцій із цих двох екосистем не вирізняються великим розміром, однак функціонують при спрямуванні значної частки органічної речовини у формування генеративних органів.

Відмінною особливістю рослин *S. holostea* із пралісу (угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) є найменші показники репродуктивного зусилля (RE1, RE2) та діаметру стебла і, навпаки, найбільші – маси листків (Wl), фотосинтетичного зусилля (LWR) та співвідношення площі листової поверхні й діаметру (AdR). Зазначені особливості засвідчують, що функціонування популяції у цій екосистемі відбувається при більшому «внеску» органічної речовини у формування асиміляційного апарату, а не генеративних органів.

Рослини популяції із екосистеми №2 (середньовіковий, 55-річний ліс, включений до системи традиційного лісогосподарського користування, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*), формують найдовші пагони при найбільших співвідношеннях між їхньою довжиною та масою рослин (hWR) й співвідношеннях між довжиною та діаметром (hdR) при найменших показниках кількості квіток й діаметру стебла. У популяції із екосистеми №4 (107-річний ліс, який включений до системи екологічного менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) за жодним морфопараметром не зареєстровано ні максимальних ні мінімальних величин, при відсутності у рослин чітко виражених специфічних ознак габітусу та морфоструктури.

Відмінною особливістю рослин популяції із екосистеми №5 (118-річний ліс, що включений до системи екологічного менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), є не лише найбільший розмір при максимальних значеннях восьми морфопараметрів (W, Wg, Nl, Nfl, A, al, d, LAR), а й найменші величини співвідношення між довжиною пагона та масою рослин (hWR).

Результати порівняння розмірних величин *S. holostea* Гетінгенського лісу (Німеччина) та широколистяних лісів Урочища «Образ» (Україна) засвідчило їх близькість, хоча показники у Гетінгенському лісі здебільшого варіювали у ширшому діапазоні значень. Так, якщо середні величини довжини пагону в Гетінгенському лісі змінюються у межах 29,89-42,65 см, то в Урочищі «Образ» - у межах 32,6-36,9 см (Шерстюк, 2018); кількість листків - у межах 26,03-39,30 шт. та 29,4-34,2 шт., відповідно; фітомаса рослин - у межах 0,67-1,88 та 1,0-1,5г; площа листової поверхні - у межах 41,81-135,64 та 138,1-158,2 см²; площа одного листка - у межах 1,53-3,20 та 4,3-5,2 см²; співвідношення між площею листків та фітомасою рослини (LAR) - 30,53-69,65 та 106,4-170,5 см²/г; фотосинтетичне зусилля (LWR) - у межах 0,20-0,41 та 27,2-38,7 г/г, відповідно. Наявні дані вказують й на те, що в лісах Урочища «Образ» рослини *S. holostea* вирізняються більшими величинами низки показників, що характеризують асиміляційний апарат: загальної площі листків, площі одного листка та LAR. Загалом такі ознаки у рослин зазвичай проявляються у лісах із нижчою освітленістю (Скляр, 2012).

Для узагальнення інформації про розмірні ознаки рослин *S. holostea* в Гетінгенському лісі був застосований кластерний аналіз, що проводився з охопленням величин усіх морфопараметрів, які вивчались (рис. 4.28.). Він об'єктивно засвідчив високий рівень подібності (при значенні евклідової відстані 31 од.) популяцій із угруповань *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium* (екосистема №2) та *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* (екосистема №9). Тобто, до

складу даного кластеру увійшли популяції, у яких зареєстровано по 2-3 найбільших та найменших значень розмірних характеристик.

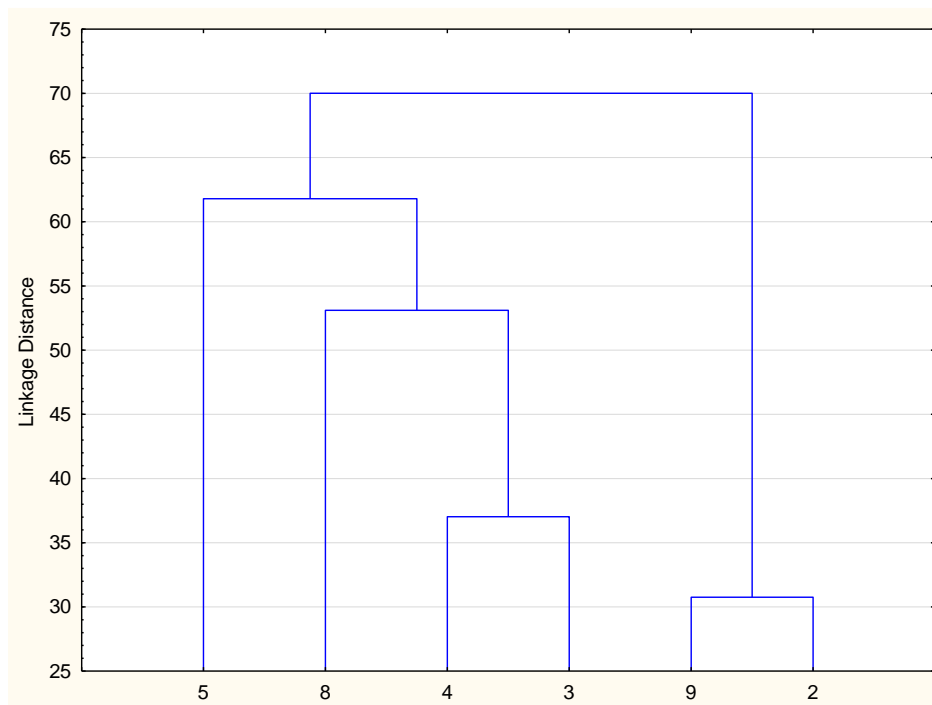


Рисунок 4.28. Результати кластерного аналізу популяцій *Stellaria holostea* за комплексом морфопараметрів (нумерація популяцій відповідає табл. 4.1)

На рівні евклідової відстані 37 од. подібними за комплексом морфометричних показників виявились популяції екосистем №3 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) та №4 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*). Цей кластер об'єднав популяції, рослини яких загалом не вирізнялись значним розміром. Результати кластерного аналізу засвідчили, що найбільш специфічними за комплексом морфоознак є популяції із екосистеми №5 і, особливо №8, тобто із екосистем, у яких рослини *S. holostea* вирізняються, відповідно, найбільшим та найменшим розміром.

4.3.2. Оцінка морфологічної мінливості та пластичності у рослин і популяцій *Stellaria holostea*

Аналіз абсолютних значень морфопараметрів *S. holostea* засвідчив прояв у них мінливості (зміну величин у межах популяції) та пластичності (зміну

середніх значень за популяціями). Тому було здійснено порівняння вираженості у рослин та популяцій *S. holostea* морфологічної мінливості та пластичності. Розрахунки здійснювались з опорою на чотири морфопараметри, які були визначені на підставі факторного аналізу: Nl - кількість листків, Nfl - кількість квіток, A - листкова поверхня, W - загальна фітомаса.

Для оцінки пластичності було проведено зіставлення середніх арифметичних значень морфопараметрів досліджуваних популяцій *S. holostea* та оцінено рівень їхнього міжпопуляційного варіювання (табл. 4.8.).

Таблиця 4.8.

Варіювання середніх значень морфопараметрів
як ознаки пластичності популяцій *Stellaria holostea*

Показники варіювання	Морфопараметри			
	Nl (шт)	Nfl (шт)	A (см ²)	W (г)
Коефіцієнт варіації V, %	16,18	30,49	42,50	30,34
Розмах варіації, R	13,27	10,80	93,83	1,21
Рівень варіювання (за величиною V)	Невеликий	Середній	Великий	Середній

З метою оцінки мінливості (внутрішньопопуляційного варіювання) *S. holostea* було визначено коефіцієнти варіації і величини розмаху варіації морфопараметрів у межах досліджуваних екосистем (табл. 4.9.) та розраховано їхні середньоарифметичні показники варіювання як ознаки мінливості (табл. 4.10).

Таблиця 4.9.

Коефіцієнти варіації (V, %) та розмах варіації (R) морфопараметрів
Stellaria holostea

Екосистеми	Nl (шт)		Nfl (шт)		A (см ²)		W (г)	
	V	R	V	R	V	R	V	R
2 ⁺	27,83	30,00	39,28	13,00	61,49	193,95	43,58	2,85
3 [»]	24,88	30,00	34,19	24,00	64,14	131,33	58,95	1,00
4 [»]	20,04	27,00	27,59	13,00	40,25	123,91	26,97	1,23
5 [»]	38,99	68,00	62,48	65,00	72,73	494,33	53,68	4,67
8 [»]	23,56	30,00	26,70	12,00	61,61	125,62	34,54	1,82
9 [*]	27,33	36,00	35,67	17,00	61,34	229,25	44,88	2,55

Таблиця 4.10.

Середні показники коефіцієнтів варіації і розмаху варіації як ознаки мінливості морфопараметрів *Stellaria holostea*

Показники варіювання	Морфопараметри			
	NI (шт)	Nfl (шт)	A (см ²)	W (г)
Коефіцієнт варіації V, %	27,10±2,64	37,65±5,34	60,26±4,38	43,77±4,82
Розмах варіації, R	36,83±6,35	24,00±8,40	216,40±58,29	2,35±0,54
Рівень варіювання (за величиною V)	Середній	Середній	Дуже велике	Великий

Встановлено, що у *S. holostea* за усіма морфопараметрами показники, що характеризують мінливість (внутрішньопопуляційне варіювання), перевищують показники, які характеризують пластичність (міжпопуляційне варіювання), а саме:

- у морфопараметру NI – коефіцієнт варіації для ознак рівня мінливості більший за величини ознак рівня пластичності у 1,7 рази, а розмах варіації для аналогічних показників - у 2,8 рази;

- у Nfl - коефіцієнт варіації для ознак рівня мінливості більший за величини ознак рівня пластичності у 1,2 рази, а розмах варіації для аналогічних показників - у 2,2 рази;

- у A - коефіцієнт варіації для ознак рівня мінливості більший за величини ознак рівня пластичності у 1,4 рази, а розмах варіації для аналогічних показників - у 2,3 рази;

- у W - коефіцієнт варіації для ознак рівня мінливості більший за величини ознак рівня пластичності у 1,4 рази, а розмах варіації для аналогічних показників - у 1,9 рази.

Отже, проведений аналіз об'єктивно засвідчив, що функціонування популяції *S. holostea* відбувається при реалізації як морфологічної пластичності, так і мінливості. Факт, що показники, які характеризують рівень мінливості, переважають показників, що характеризують рівень пластичності, вказує на

потужну роль внутрішньо-популяційного варіювання у формуванні в популяції *S. holostea* морфоадаптацій до умов місцезростань.

4.3.3. Оцінка впливу на значення морфопараметрів еколого-ценотичних чинників

На основі застосування засад прямого градієнтного аналізу з опорою на розрахункову процедуру дисперсійного аналізу об'єктивно встановлено, що розмірні ознаки рослин *S. holostea*, зазначені особливості в розподілі їхніх значень та морфоструктури дійсно є результатом реагування на дію різноманітних еколого-ценотичних чинників (табл. 4.11- 4.13).

Таблиця 4.11.

Вплив абіотичних чинників на величини морфопараметрів рослин *Stellaria holostea*

Морфопараметри	Чинники											
	освітленість			вологість ґрунту			вміст органічних речовин			кислотність (рН) ґрунту		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	12,0376	0,000000	25,6	1,5835	0,180697	3,5	8,2420	0,000037	12,3	19,9073	0,000000	25,2
Wl	15,6591	0,000000	30,9	5,6526	0,000265	11,4	12,3068	0,000000	17,3	22,3825	0,000000	27,5
h	22,830	0,00	39,5	14,493	0,000000	24,8	18,633	0,000000	24,0	27,028	0,000000	31,4
Wg	11,5273	0,000000	24,8	3,5608	0,008055	7,5	10,0973	0,000004	14,6	18,6009	0,000000	24,0
NI	8,947	0,000000	20,4	4,666	0,001327	9,6	10,472	0,000002	15,1	11,098	0,000001	15,8
Nfl	11,9557	0,000000	25,5	10,4428	0,000000	19,2	6,2223	0,000484	9,5	19,3993	0,000000	24,7
A	11,4294	0,000000	24,6	4,2766	0,002508	8,9	12,5380	0,000000	17,5	15,8493	0,000000	21,2
al	16,050	0,000000	31,4	8,6835	0,000002	16,5	22,331	0,000000	27,5	21,0821	0,000000	26,3
d	4,706	0,000467	11,9	4,359	0,002192	9,01	5,334	0,001531	8,3	7,799	0,000064	11,7
LAR	17,878	0,000000	33,8	22,309	0,000000	33,6	8,231	0,000037	12,2	10,007	0,000004	14,5
LWR	19,584	0,000000	35,9	14,777	0,000000	25,1	10,108	0,000004	14,6	26,264	0,000000	30,8
hWR	18,636	0,000000	34,7	4,137	0,003149	8,6	14,245	0,000000	19,4	26,877	0,000000	31,3
AdR	12,8038	0,000000	26,8	9,3765	0,000001	17,6	18,9939	0,000000	24,4	14,9576	0,000000	20,2
hdR	14,049	0,000000	28,6	16,866	0,000000	27,7	20,254	0,000000	25,6	21,686	0,000000	26,9
RE1	39,918	0,00	53,3	35,517	0,00	44,0	19,781	0,000000	25,1	56,065	0,00	48,7
RE2	11,1197	0,000000	24,1	11,9587	0,000000	21,4	16,5141	0,000000	21,9	9,9238	0,000004	14,4

Таблиця 4.12.

Вплив ценотичних чинників на величини морфопараметрів рослин *Stellaria holostea*

Морфопараметри	Чинники														
	вік ярусу деревостану			видовий склад деревостану			загальне проективне покриття ярусу трав			проективне покриття домінанта			видовий склад домінантів ярусу трав		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	14,1439	0,000000	24,3	12,3444	0,000000	17,3	10,8393	0,000000	19,8	15,0738	0,000000	20,3	3,2343	3,2343	3,5
Wl	16,9810	0,000000	27,8	13,5265	0,000000	18,7	10,9355	0,000000	19,9	22,6970	0,000000	27,8	5,6526	0,000265	11,4
h	28,434	0,00	39,3	22,933	0,000000	28,0	19,865	0,000000	31,1	37,081	0,00	38,6	14,493	0,000000	24,8
Wg	14,4156	0,000000	24,7	7,8315	0,000062	11,7	14,4857	0,000000	24,8	2,5486	0,057397	4,1	3,5608	0,008055	17,6
Nl	9,661	0,000000	18,0	4,019	0,008496	6,4	11,032	0,000000	20,0	3,357	0,020146	5,4	4,666	0,001327	9,6
Nfl	14,7745	0,000000	25,1	3,0196	0,031222	4,9	13,0992	0,000000	22,9	3,5725	0,015210	5,8	10,4428	0,000000	19,2
A	9,5375	0,000001	17,8	13,0042	0,000000	18,1	14,2841	0,000000	24,5	3,6772	0,013270	5,9	4,2766	0,002508	8,9
al	9,3670	0,000001	17,6	25,867	0,000000	30,5	20,080	0,000000	31,3	6,8477	0,000216	10,4	8,6835	0,000002	16,5
d	5,544	0,000316	11,2	2,112	0,100439	3,5	5,764	0,000221	11,6	1,226	0,301581	2,0	4,359	0,002192	9,0
LAR	8,839	0,000002	16,7	5,352	0,001496	8,3	6,484	0,000069	12,8	3,384	0,019432	5,4	22,309	0,000000	33,4
LWR	23,616	0,000000	34,9	10,812	0,000001	15,5	8,063	0,000005	15,5	26,399	0,000000	30,9	14,777	0,000000	25,1
hWR	22,857	0,000000	34,2	10,178	0,000003	14,7	11,012	0,000000	20,0	29,196	0,000000	33,1	4,137	0,003149	8,6
AdR	4,7234	0,001208	9,7	20,3423	0,000000	25,6	16,0508	0,000000	26,7	4,9943	0,002383	7,8	9,3765	0,000001	17,6
hdR	14,808	0,000000	25,2	111739	111739	15,5	15,256	0,000000	25,7	16,0853	0,000000	21,4	16,866	0,000000	27,7
RE1	49,054	0,00	52,7	12,499	0,000000	17,5	14,804	0,000000	25,2	43,804	0,00	42,6	35,517	0,00	44,7
RE2	2,8069	0,027186	6,0	16,3861	0,000000	21,7	12,3245	0,000000	21,9	2,8760	0,037607	4,6	11,9587	0,000000	21,4

Таблиця 4.13.

Вплив еколого-ценотичних чинників на величини морфопараметрів рослин *Stellaria holostea*

Морфопараметри	Чинники								
	рельєф			система лісокористування			популяційна щільність		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	2,8596	0,059930	3,11	2,3752	0,095941	2,6	6,5335	0,000063	12,5
Wl	7,5294	0,000726	7,8	8,7710	0,000233	9,0	2,2925	0,061362	5,0
h	20,801	0,000000	18,9	6,295	0,002282	6,6	17,102	0,000000	28,0
Wg	5,5082	0,004775	5,8	0,9534	0,387392	1,1	14,3675	0,000000	24,6
NI	6,902	0,001297	7,2	0,453	0,636516	0,5	10,603	0,000000	19,4
Nfl	10,9125	0,000034	10,9	1,9190	0,149778	2,1	14,1995	0,000000	24,4
A	7,3085	0,000890	7,6	1,4851	0,229272	1,6	10,6182	0,000000	19,4
al	17,3186	0,000000	16,3	4,7450	0,009825	5,1	10,9030	0,000000	19,9
d	7,455	0,000778	7,7	2,675	0,071681	2,9	4,925	0,000868	10,1
LAR	41,207	0,000000	31,6	2,7322	0,067805	3,0	22,242	0,000000	33,6
LWR	11,428	0,000021	11,4	13,801	0,000003	13,4	2,473	0,046192	5,3
hWR	0,977	0,378605	1,1	6,0469	0,002879	6,4	6,832	0,000039	13,4
AdR	14,4872	0,000001	14,0	11,8936	0,000014	11,8	5,7729	0,000218	11,6
hdR	33,447	0,000000	27,3	9,4477	0,000126	9,6	8,287	0,000004	15,8
RE1	60,768	0,00	40,6	12,0149	0,000013	11,9	8,445	0,000003	16,1
RE2	22,5270	0,000000	20,2	8,0528	0,000449	8,3	8,7223	0,000002	16,5

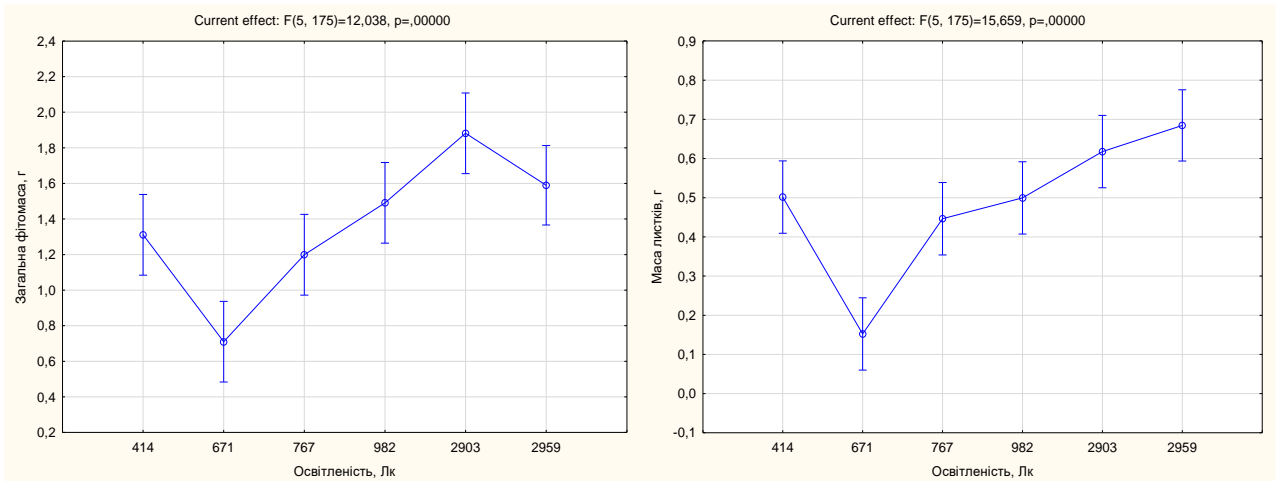
Узагальнення даних про силу впливу екочинників дозволило диференціювати їх за ступенем впливу на морфопараметри рослин *S. holostea* (табл. 4.14). Доведено потужний вплив таких чинників як освітленість, кислотність (рН) ґрунту, вік ярусу деревостану, загального проєктивного покриття ярусу трав, вміст у ґрунті органічних речовин. Встановлено, що досліджені еколого-ценотичні чинники проявляють значний вплив на значення репродуктивного зусилля (RE1): у 58,3% екочинників показники їхньої сили впливу на RE1 були більшими за 40%.

Таблиця 4.14

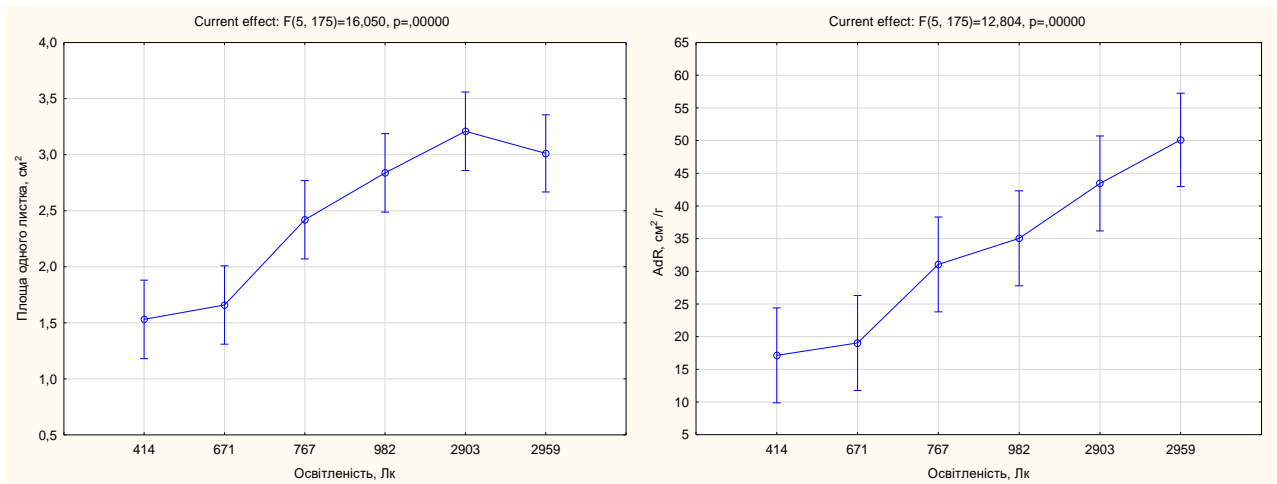
Узагальнена інформація про силу впливу провідних екочинників на морфопараметри рослин *Stellaria holostea* Геттінгенського лісу

Чинник	Кількість (частка) морфопараметрів, на які чинник проявив статистично достовірний вплив	Сила впливу для статистично достовірних впливів, %
Освітленість	16 (100%)	11,9-53,3
Кислотність (рН) ґрунту	16 (100%)	11,7-48,7
Вік ярусу деревостану	16 (100%)	6,0-52,7
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	16 (100%)	11,6-31,3
Вміст органічних речовин в ґрунті	16 (100%)	8,3-27,5
Видовий склад ярусу деревостану	15 (93,75%)	8,6-44,7
Вологість ґрунту	15 (93,75%)	7,5-44,0
Популяційна щільність	15 (93,75%)	5,3-33,6
Вид-домінант ярусу трав	15 (93,75%)	4,6-23,79
Проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав	14 (87,5%)	4,6-42,6
Рельєф	14 (87,5%)	5,8-40,6
Система лісокористування	9 (56,25%)	5,1-13,4

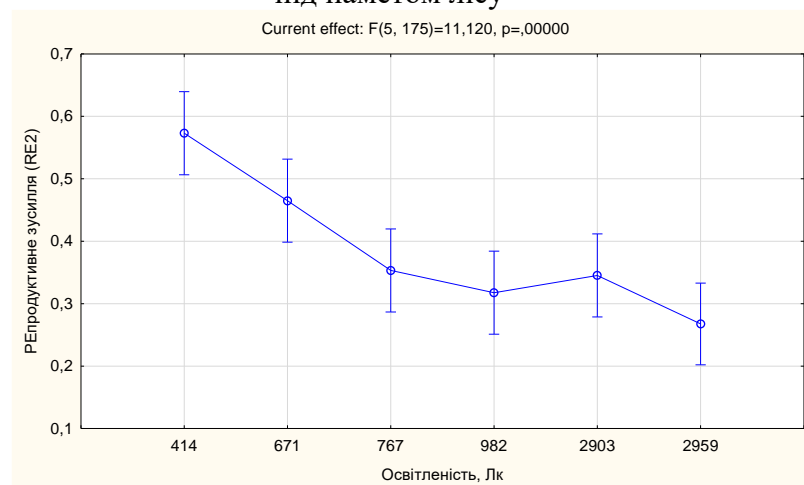
У характері реагування значень морфопараметрів на рівень освітленості здебільшого проявляється тенденція до збільшення величин по мірі збільшення освітленості. Хоча, значення деяких морфпараметрів, як наприклад репродуктивного зусилля (RE2), зменшуються при її зростанні (рис. 4.29.).



Зміна величин загальної фітомаси та фітомаси листків у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рівня освітленості під наметом лісу

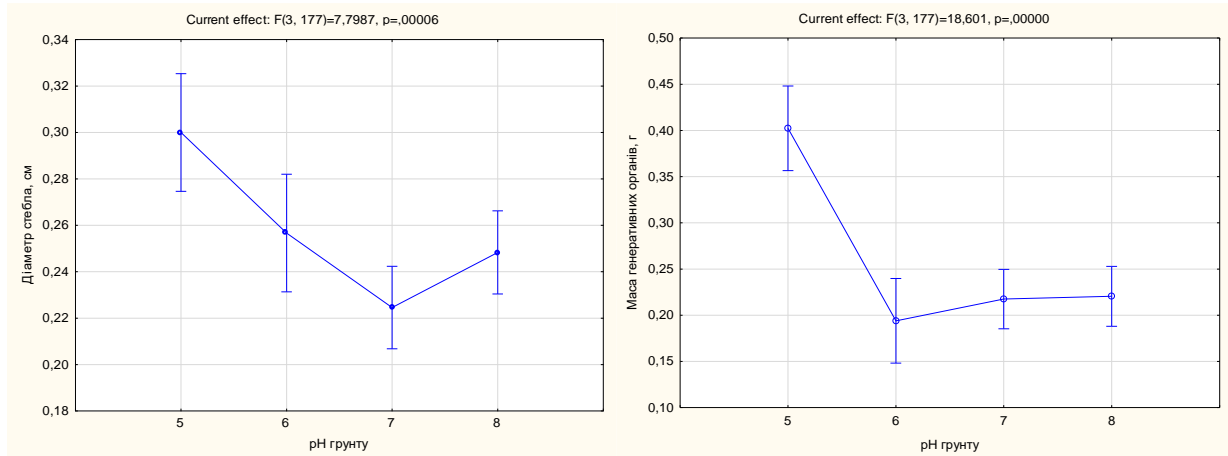


Зміна величин площі одного листка та співвідношення між площею листової поверхні і діаметра стебла (AdR) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рівня освітленості під наметом лісу

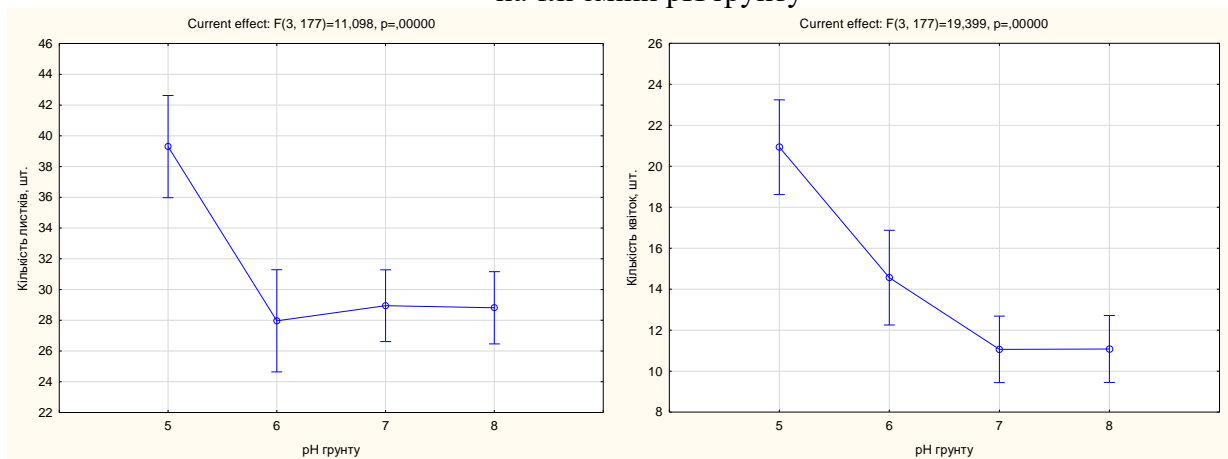


Зміна величин репродуктивного зусилля (RE2) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рівня освітленості під наметом лісу
Рисунок 4.29. Зміна величин морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рівня освітленості під наметом лісу

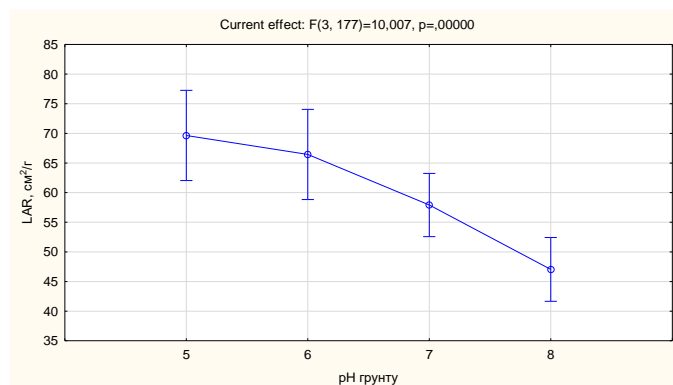
У результаті аналізу впливу чинника кислотності (рН) ґрунту на значення морфоознак встановлено, що найбільші величини морфопараметрів здебільшого реєструються в екосистемах із найменшими величинами цієї характеристики (близько 5,0-5,5) (рис. 4.30.).



Зміна величин діаметра стебла та маси генеративних органів у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рН ґрунту



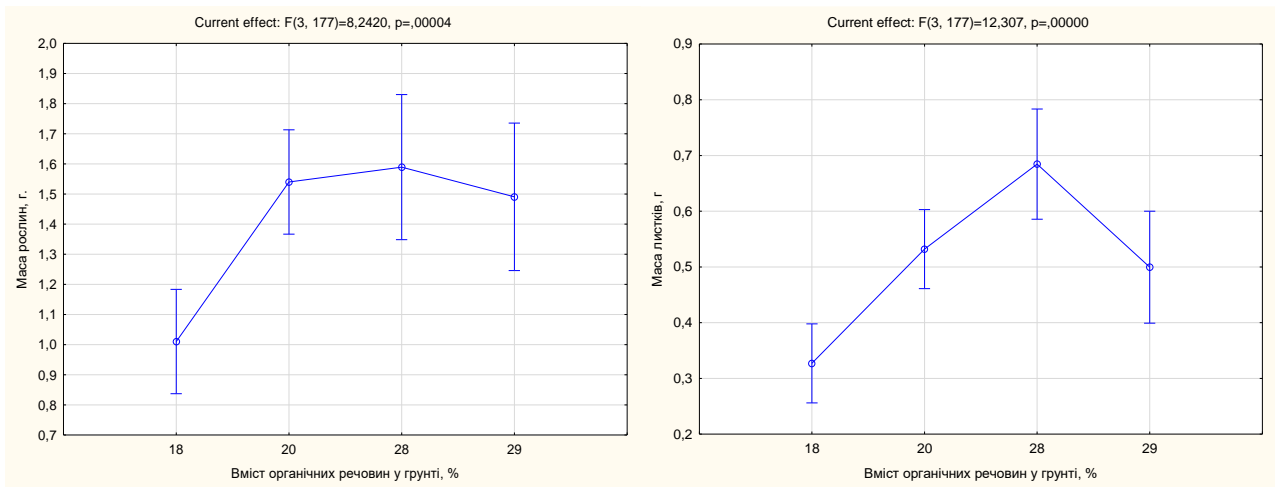
Зміна кількості листків та кількості генеративних органів (квіток) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рН ґрунту



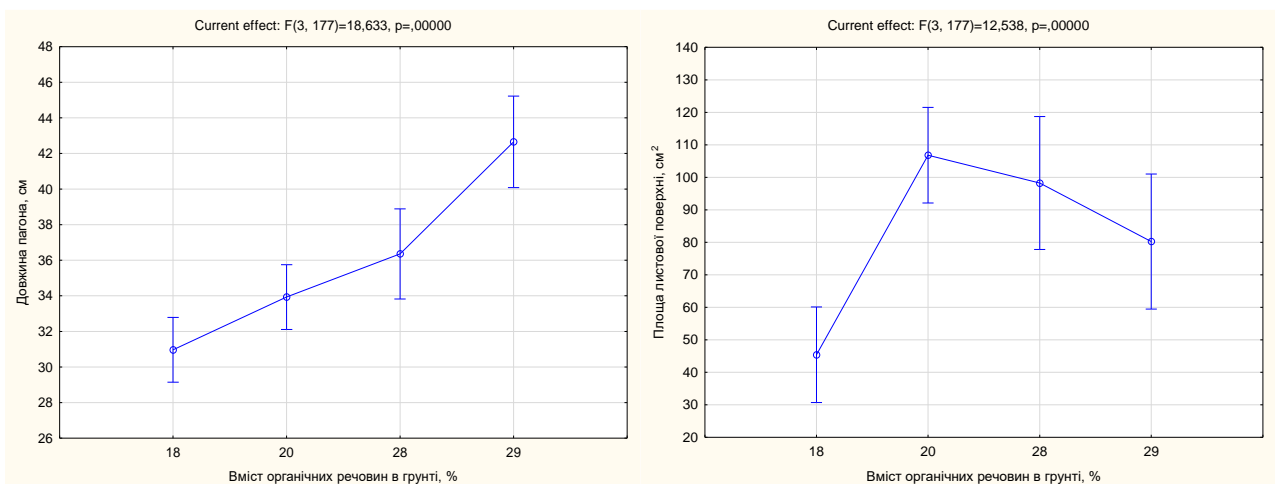
Зміна співвідношення між площею листової поверхні та фітомасою (LAR) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни рН ґрунту

Рисунок 4.30. Зміна морфопараметрів на тлі зміни рН ґрунту

Найбільші значення морфопараметрів у рослин *S. holostea* зазвичай реєструвались в екосистемах, ґрунт яких мав вміст органічної речовини у межах 19,5-29,0% (рис. 4.31.). Хоча, рослини із таких місцезростань (особливо де вміст органічних речовин знаходиться у межах 28-29%) вирізнялись найменшими показниками репродуктивного зусилля (RE1, RE2) (рис. 4.32.).



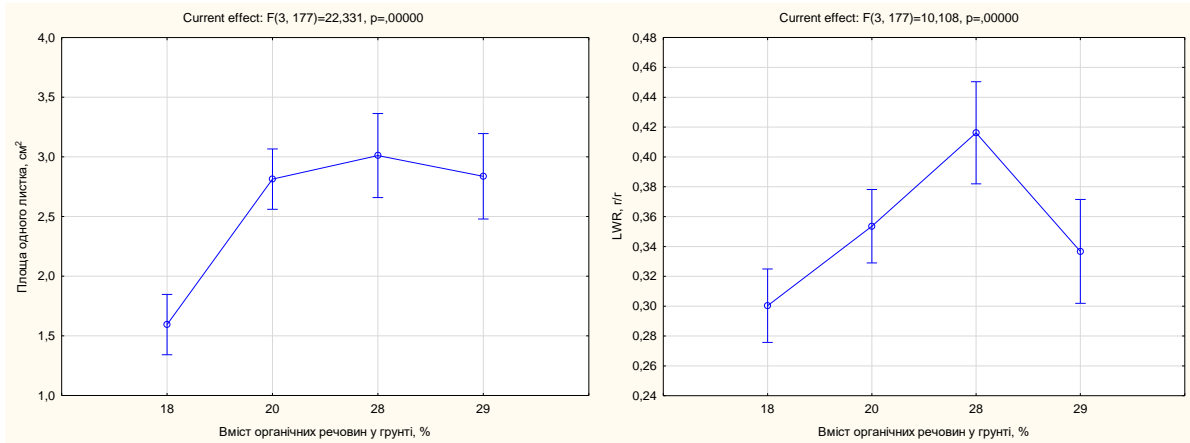
Зміна загальної фітомаси та фітомаси листків у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті



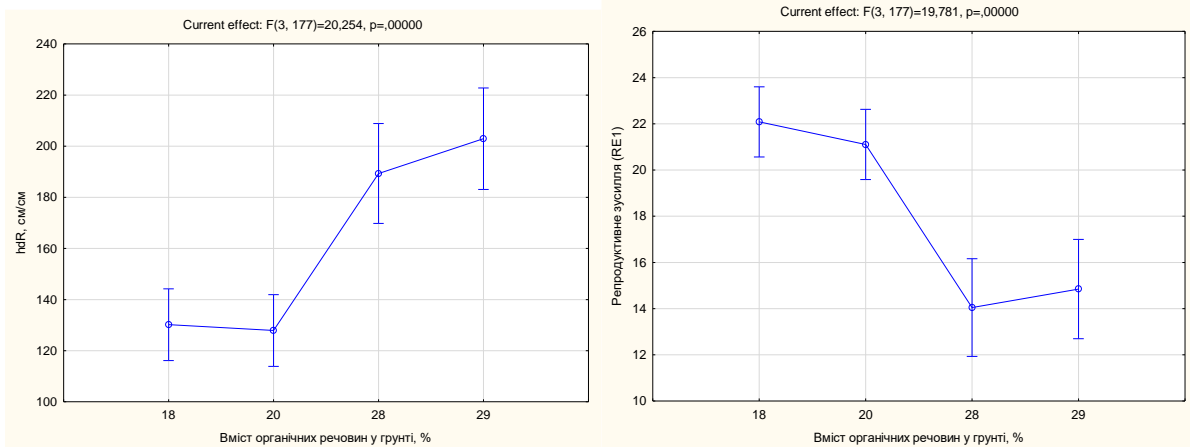
Зміна довжини стебла та площі листової поверхні у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті

Рисунок 4.31. Зміна морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea*

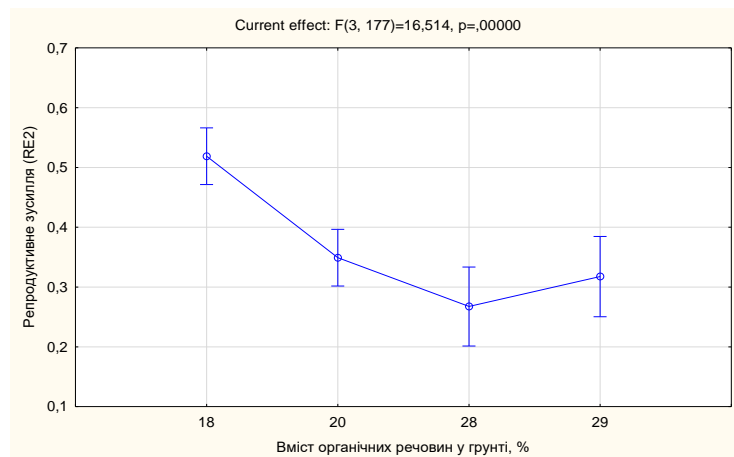
на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті



Зміна площі одного листка та фотосинтетичного зусилля (LWR) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті



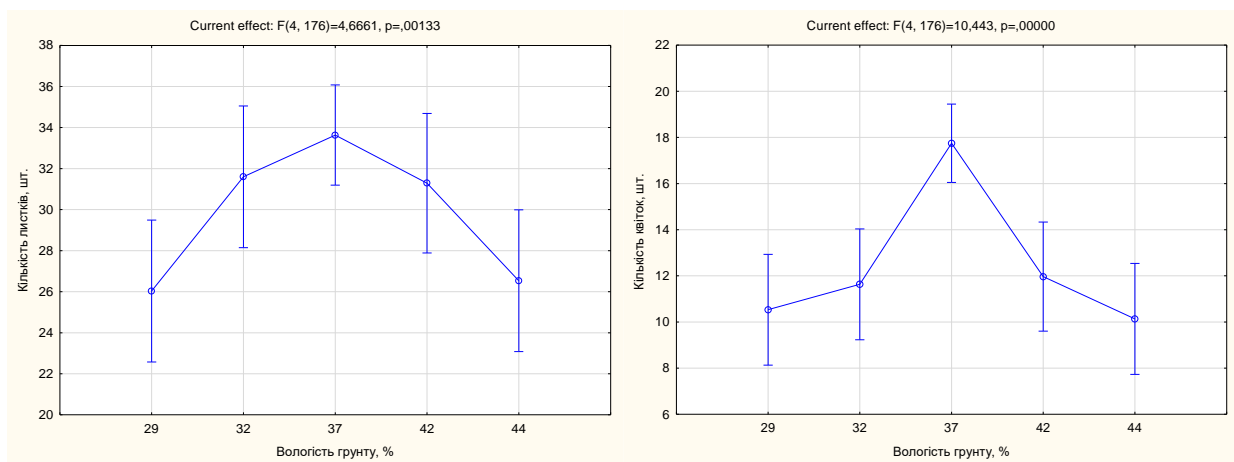
Зміна співвідношення між довжиною і діаметром стебла (hdR) та репродуктивного зусилля (RE1) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті



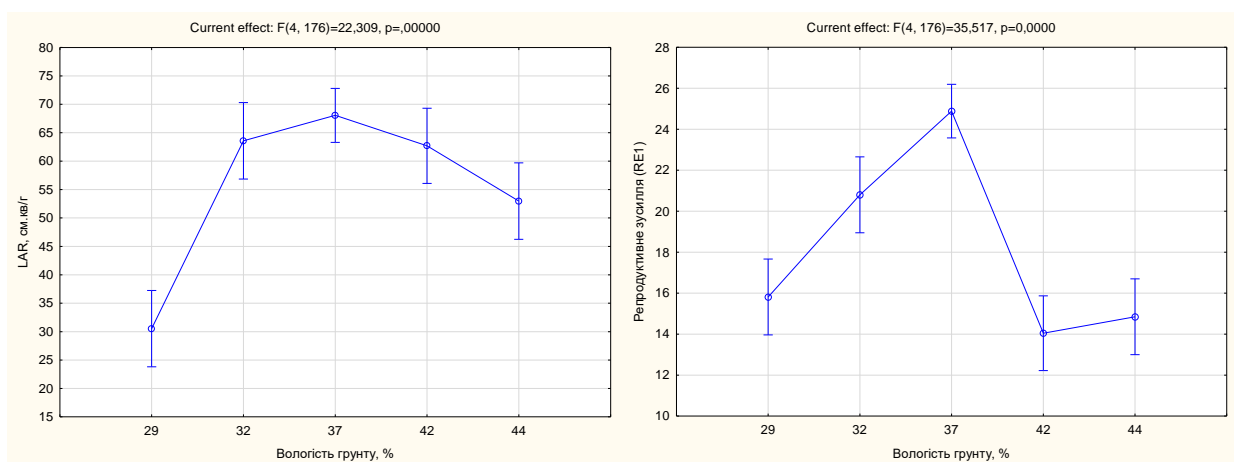
Зміна репродуктивного зусилля (RE2) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті

Рисунок 4.32. Зміна морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вмісту органічної речовини в ґрунті

Стосовно чинника вологості ґрунту встановлено, що у переважної більшості морфопараметрів, зокрема, кількості листків та генеративних органів, співвідношення між площею листової поверхні та фітомасою рослини (LAR), репродуктивного зусилля (RE1), найбільші значення припадають на місцезростання із рівнем вологості на рівні 37% (рис. 4.33.).



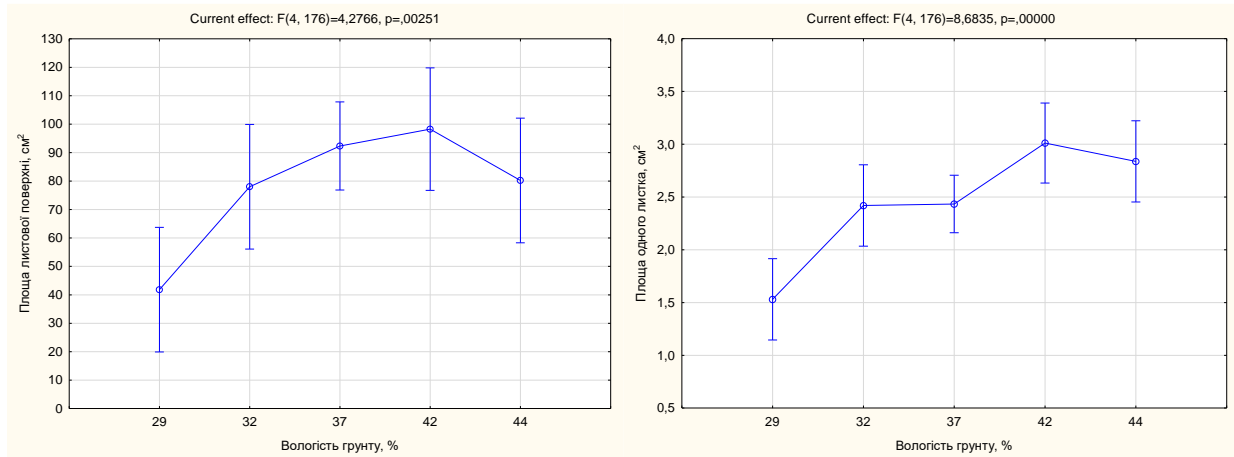
Зміна кількості листків та кількості генеративних органів (квіток) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вологості ґрунту



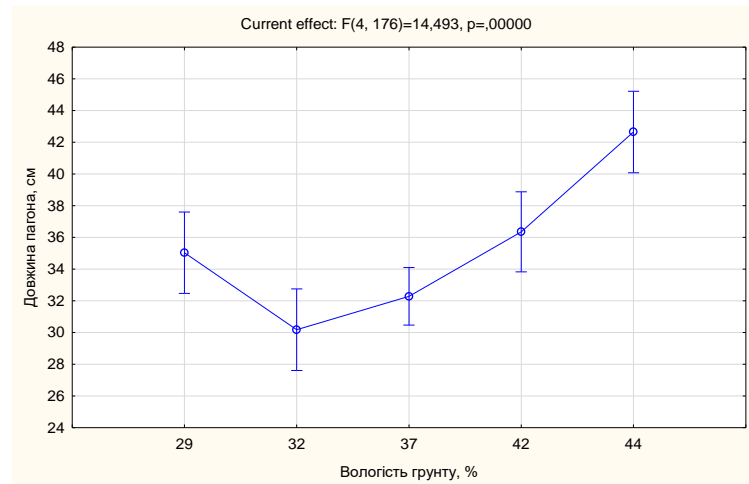
Зміна співвідношення між площею листової поверхні і фітомасою рослини (LAR) та репродуктивного зусилля (RE1) у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вологості ґрунту

Рисунок 4.33. Зміна морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вологості ґрунту

Разом з тим у низки показників (наприклад, загальної площі листової поверхні, площі одного листка, довжини стебла) найбільші величини реєструються в місцезростаннях, де рівень вологості ґрунту є більшим 37 % і досягає 42%, і навіть 44% (рис. 4.34.).



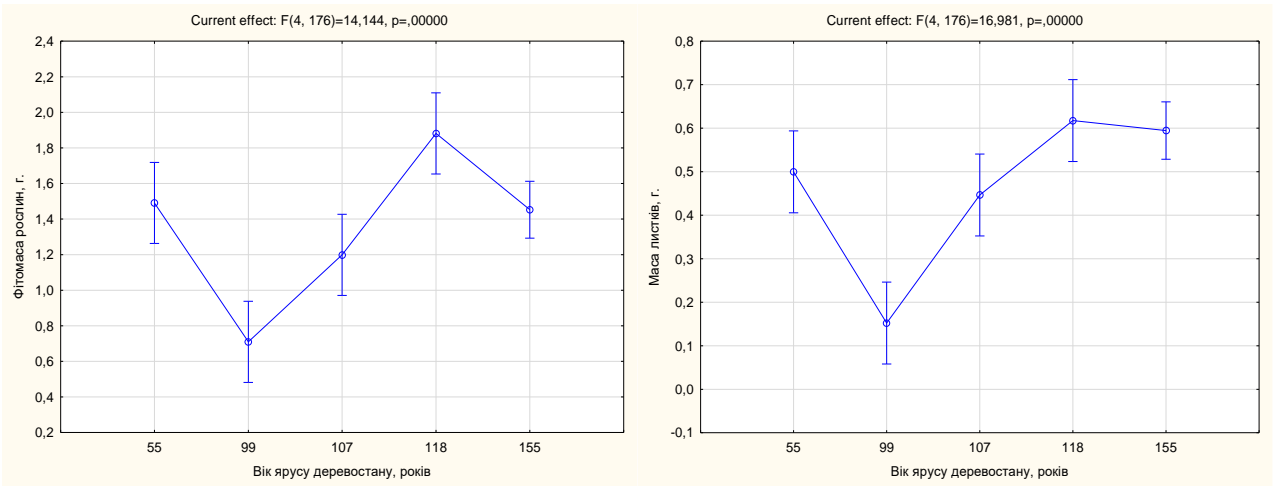
Зміна загальної площі листової поверхні та площі одного листка у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вологості ґрунту



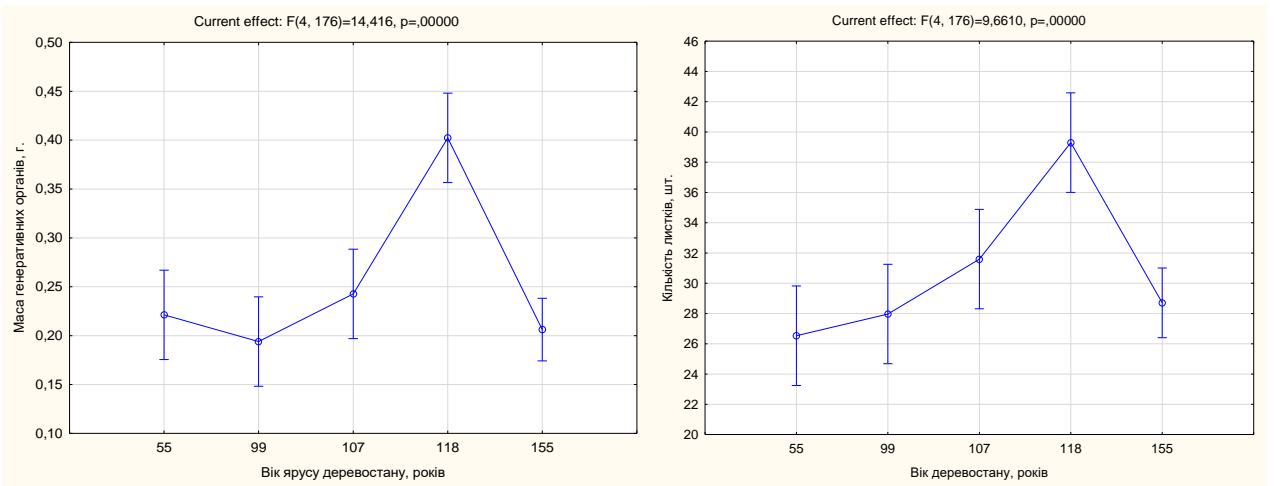
Зміна довжини стебла у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вологості ґрунту

Рисунок 4.34. Зміна морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни вологості ґрунту

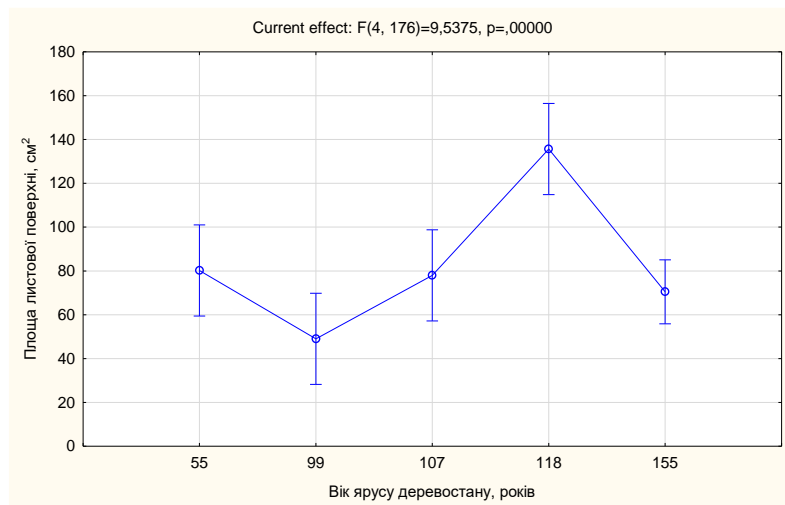
Найбільші значення статичних метричних показників у рослин *S. holostea* зазвичай реєструвались у лісах віком 118 років (рис. 4.35.), тоді як найбільші величини статичних аллометричних показників - здебільшого у лісах віком 55-99 років (рис. 4.36.).



Значення загальної фітомаси та фітомаси листків рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку

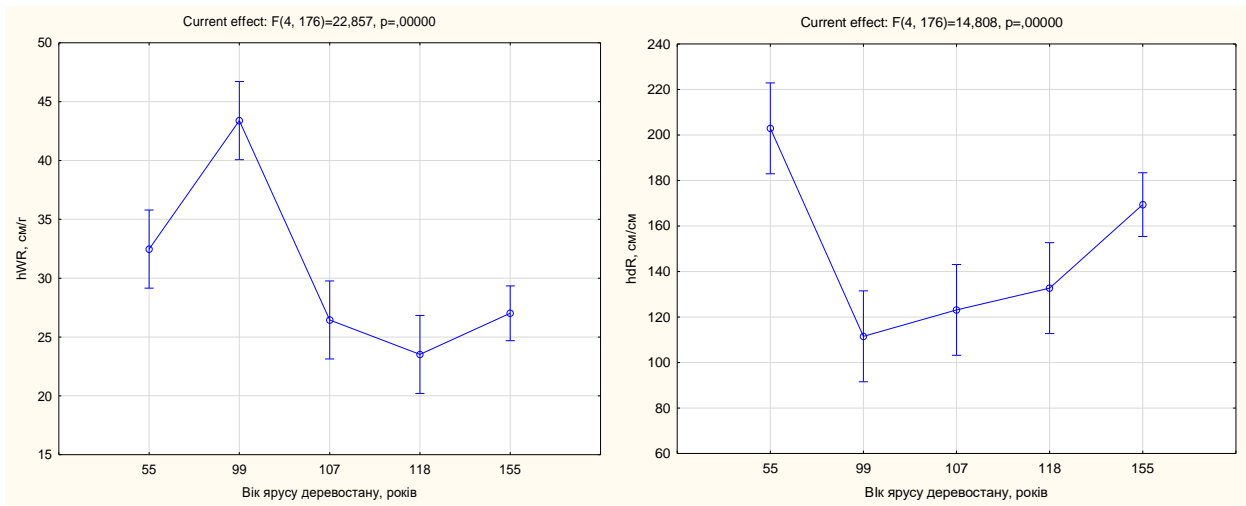


Значення загальної фітомаси генеративних органів та кількості листків у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку

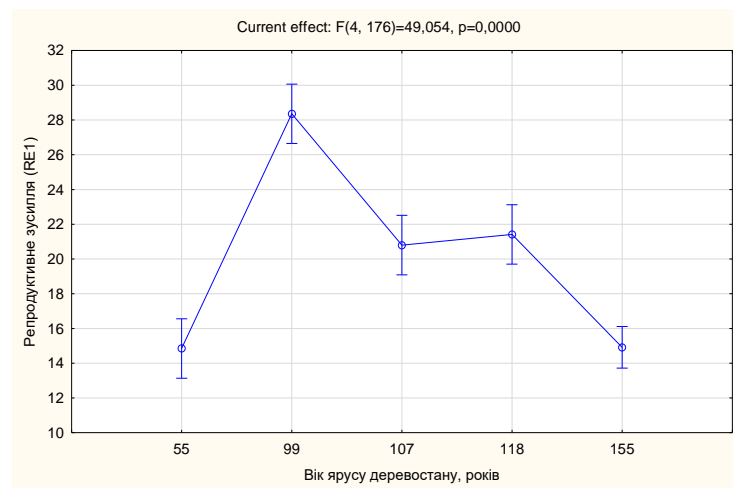


Значення площі листової поверхні у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку

Рисунок 4.35. Значення величин морфопараметрів рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку



Значення співвідношення між довжиною стебла і фітомасою (hWR) та співвідношення між довжиною та діаметром стебла (hdR) у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку

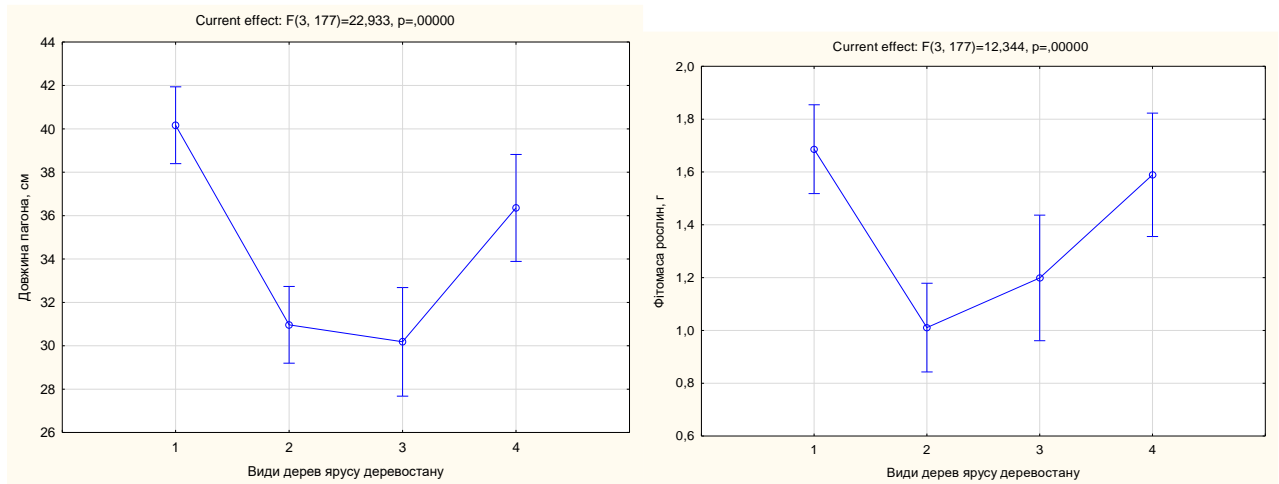


Значення репродуктивного зусилля (RE1) у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку

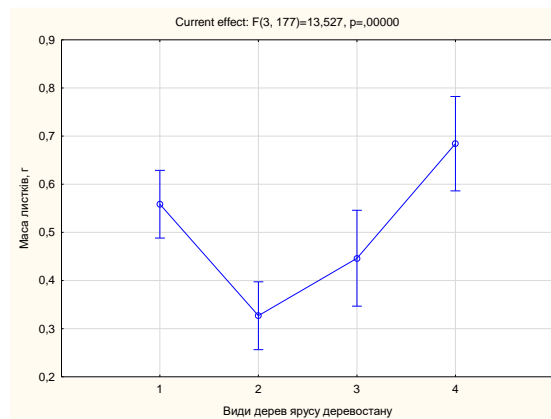
Рисунок 4.36. Значення величин морфопараметрів рослин *Stellaria holostea* у лісах різного віку

Найбільші значення, насамперед, статичних метричних показників, здебільшого припадали на ліси, у яких домінантом є *Fagus sylvatica*, а співдомінантом - *Acer pseudoplatanus*. Однак, найвищі значення окремих

морфопараметрів (наприклад, маси листків) реєструвались лісах, де деревний ярус сформований виключно із *Fagus sylvatica* (рис. 4.37.).



Значення довжини стебла та загальної фітомаси у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного видового складу.

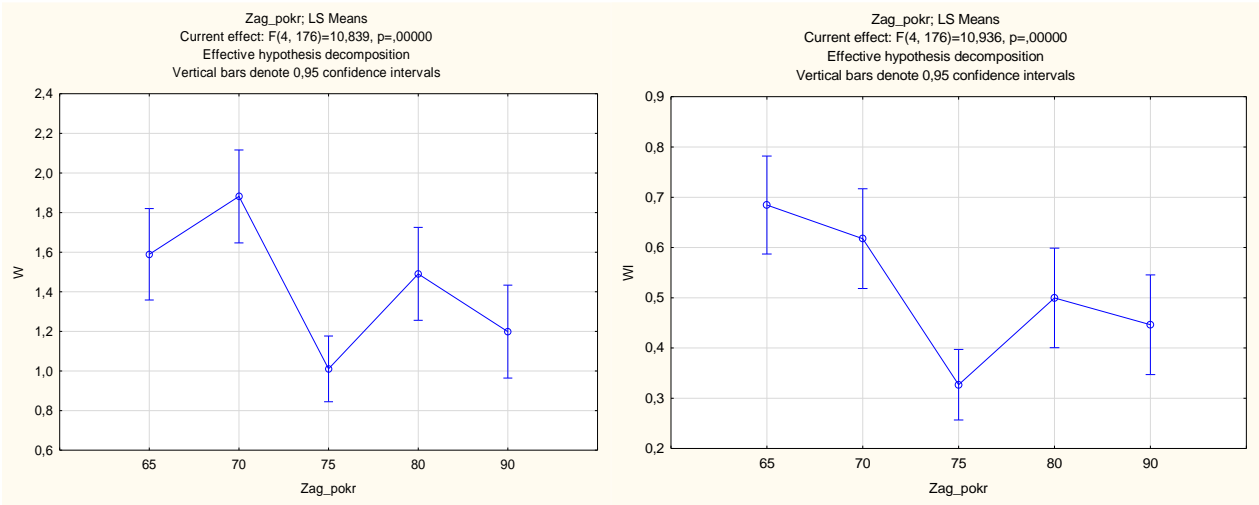


Значення фітомаси листків у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного видового складу

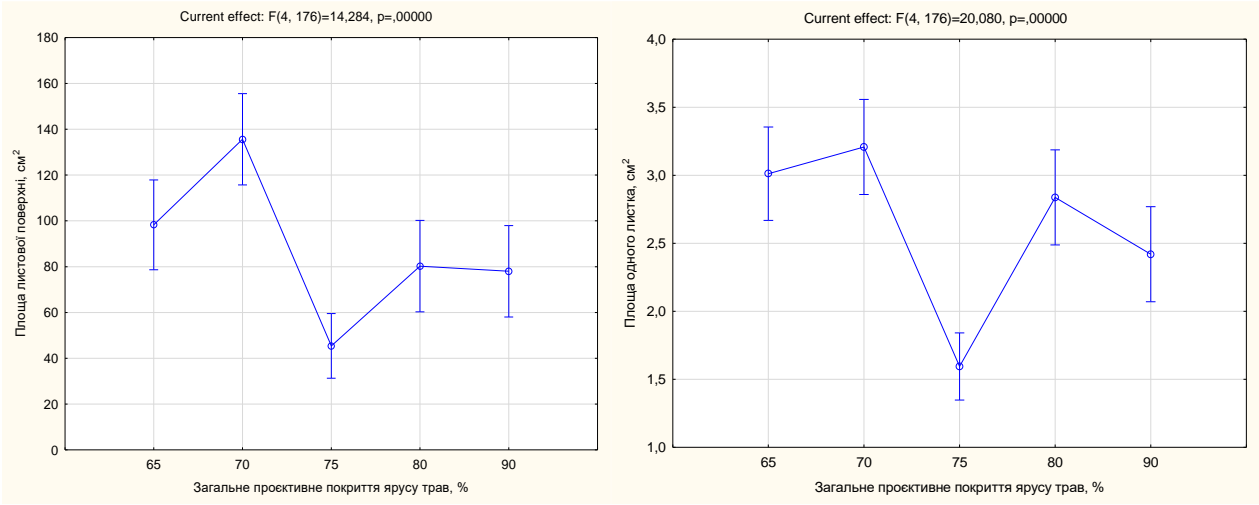
Рисунок 4.37. Значення величин морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* у лісах різного видового складу. Номерами позначено наступні варіанти видового складу ярусу деревостану: 1. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 2. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 3. *Fagus sylvatica* + *Prunus cerasus*; 4. *Fagus sylvatica*

Найбільші значення статичних метричних показників у рослин *S. holostea* здебільшого відзначались у екосистемах загальне проєктивне покриття ярусу трав у яких становить 65-70 % (рис. 4.38.). Статичні алометричні показники

демонстрували значно вищий рівень ознакоспецифічності щодо реагування на даний чинник (рис. 4.39.).

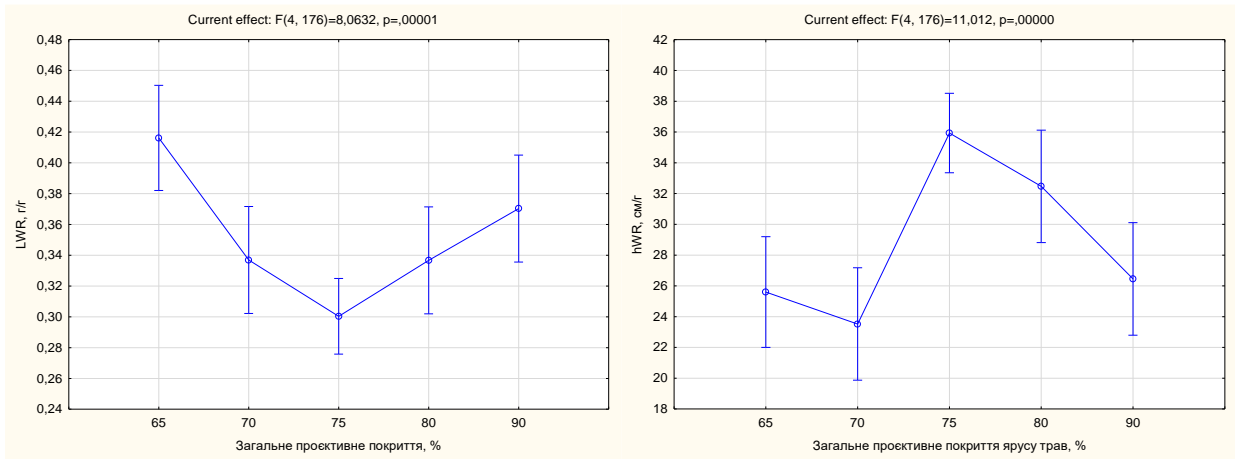


Зміна загальної фітомаси та маси листків у рослин *Stellaria holostea* на тлі різних показників загального проєктивного покриття ярусу трав

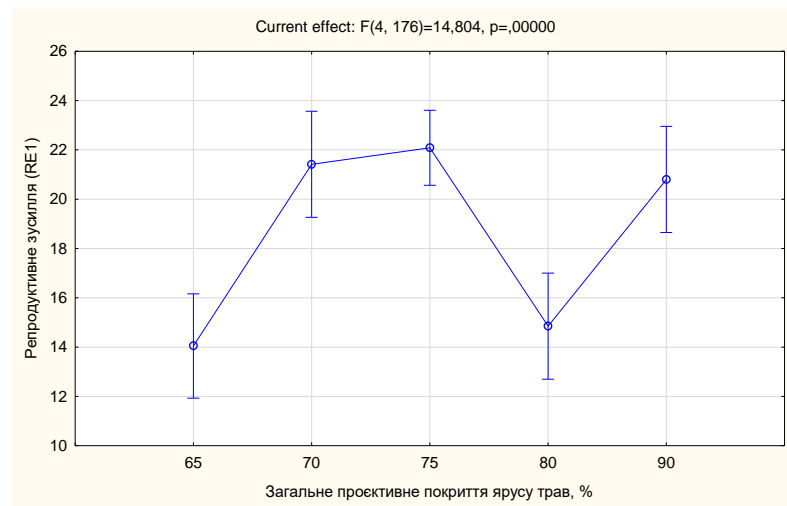


Зміна загальної площі листової поверхні та площі одного листка у рослин *Stellaria holostea* на тлі показників загального проєктивного покриття ярусу трав

Рисунок 4.38. Зміна величин статичних метричних морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі різних показників загального проєктивного покриття ярусу трав



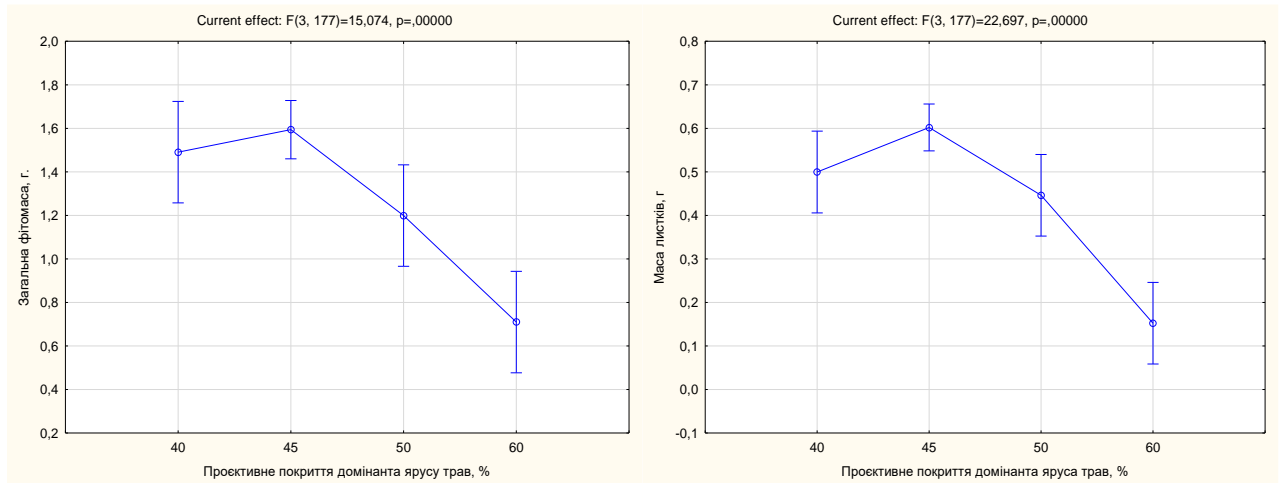
Зміна величин фотосинтетичного зусилля (LWR) і співвідношення між довжиною стебла та фітомасою (hWR) у рослин *Stellaria holostea* на тлі показників загального проєктивного покриття ярусу трав



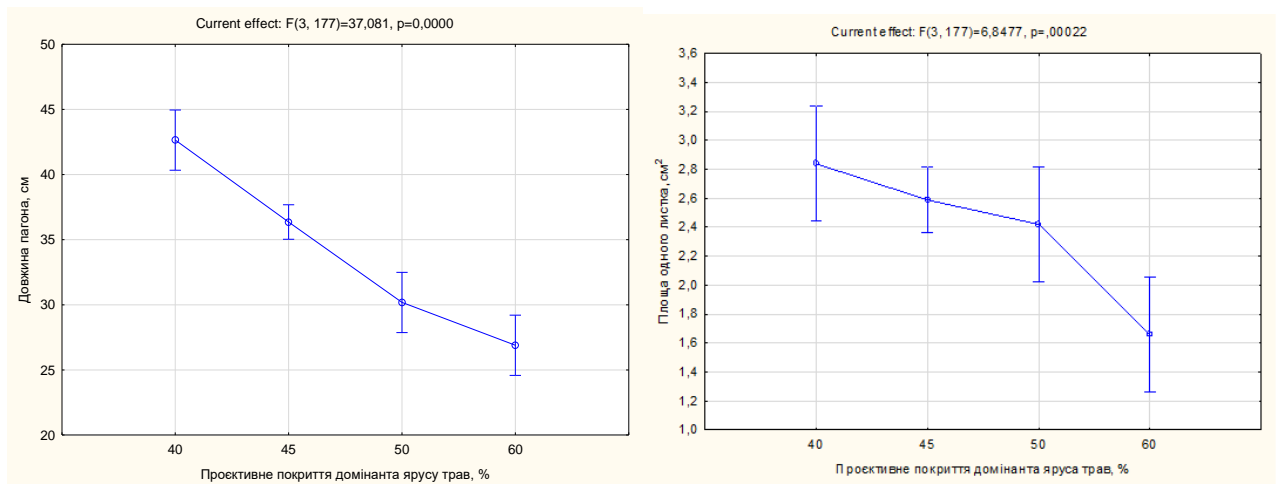
Зміна величин репродуктивного зусилля (RE1) у рослин *Stellaria holostea* на тлі різних показників загального проєктивного покриття ярусу трав

Рисунок 4.39. Зміна величин статичних алометричних морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі показників загального проєктивного покриття ярусу трав

Стосовно проєктивного покриття домінантів встановлено, що найбільші значення статичних метричних показників у рослин *S. holostea* здебільшого припадали на екосистеми, де проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав становить 40-45% (рис. 4.40.).



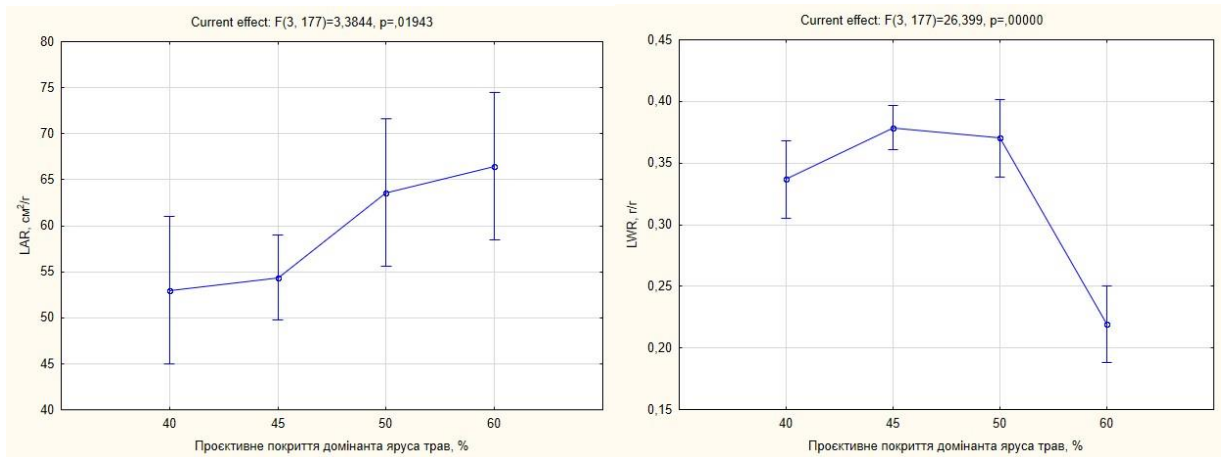
Зміна загальної фітомаси та фітомаси листків у рослин *Stellaria holostea* на тлі показників проєктивного покриття домінанта ярусу трав



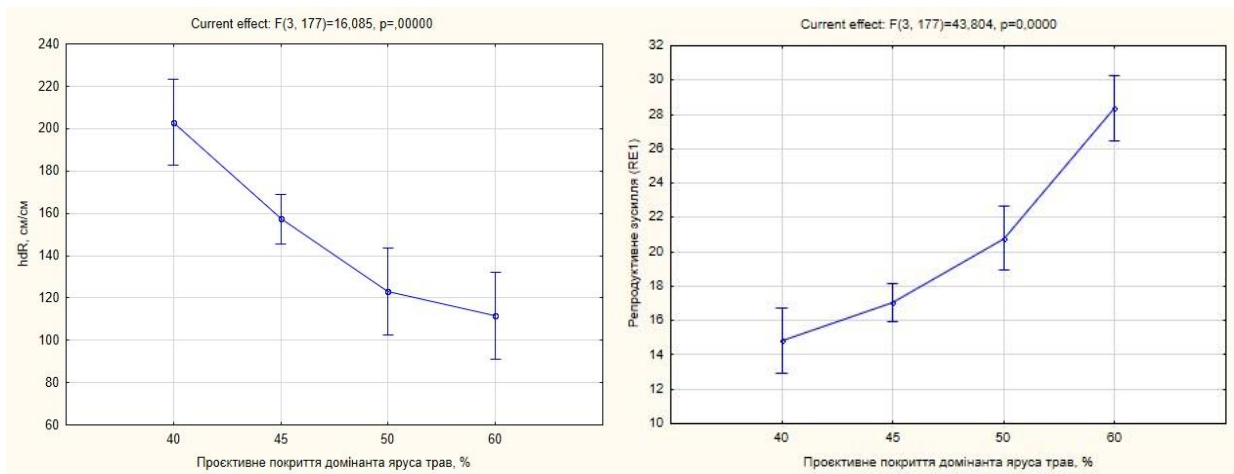
Зміна довжини стебла та площі одного листка у рослин *Stellaria holostea* на тлі показників проєктивного покриття домінанта ярусу трав

Рисунок 4.40. Зміна статичних метричних морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі різних показників проєктивного покриття домінанта ярусу трав

Як і у випадку із загальним проєктивним покриттям ярусу трав, статичні алометричні показники демонстрували високий рівень ознакоспецифічності щодо реагування на проєктивне покриття виду-домінанта (рис. 4.41.).



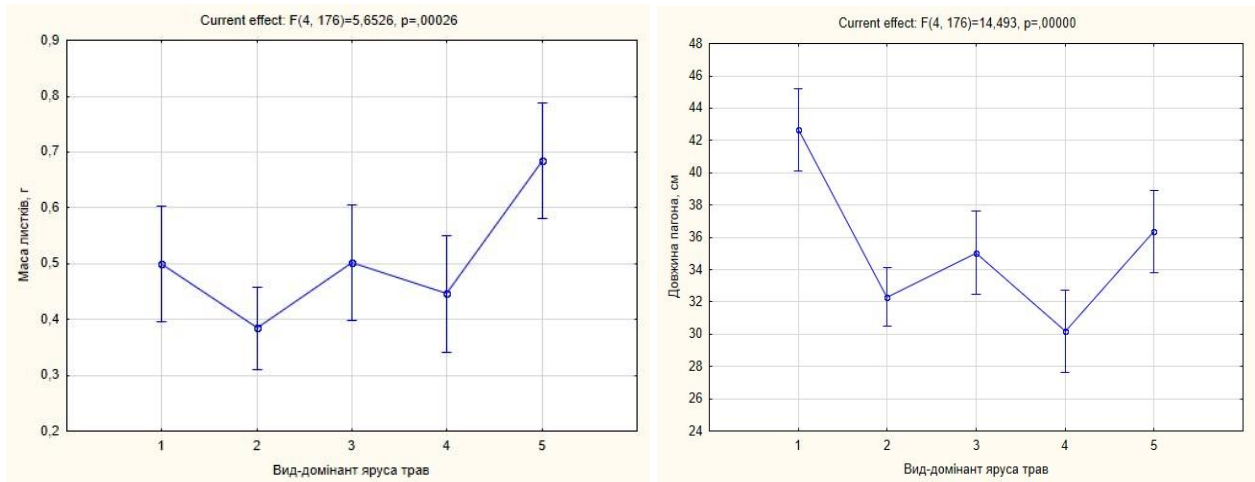
Зміна у рослин *Stellaria holostea* співвідношення між площею листової поверхні і фітомасою (LAR) та фотосинтетичного зусилля (LWR) на тлі різних показників проєктивного покриття домінанта ярусу трав



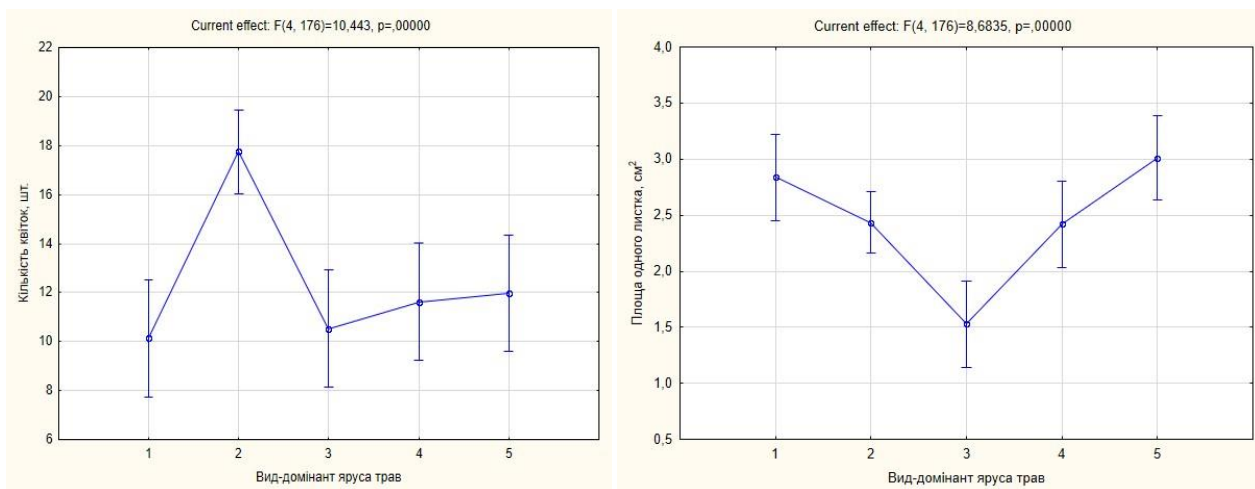
Зміна у рослин *Stellaria holostea* співвідношення між довжиною і діаметром стебла (hdR) та репродуктивного зусилля (RE1) на тлі різних показників проєктивного покриття домінанта ярусу трав

Рисунок 4.41. Зміна статичних алометричних морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі різних показників проєктивного покриття домінанта ярусу трав

Хоча зміни величин морфопараметрів залежно від видового складу домінантів й мали статистично-достовірний характер (див. табл. 4.12), однак чітко вираженої залежності від впливу конкретного виду не було виявлено (рис. 4.42.).



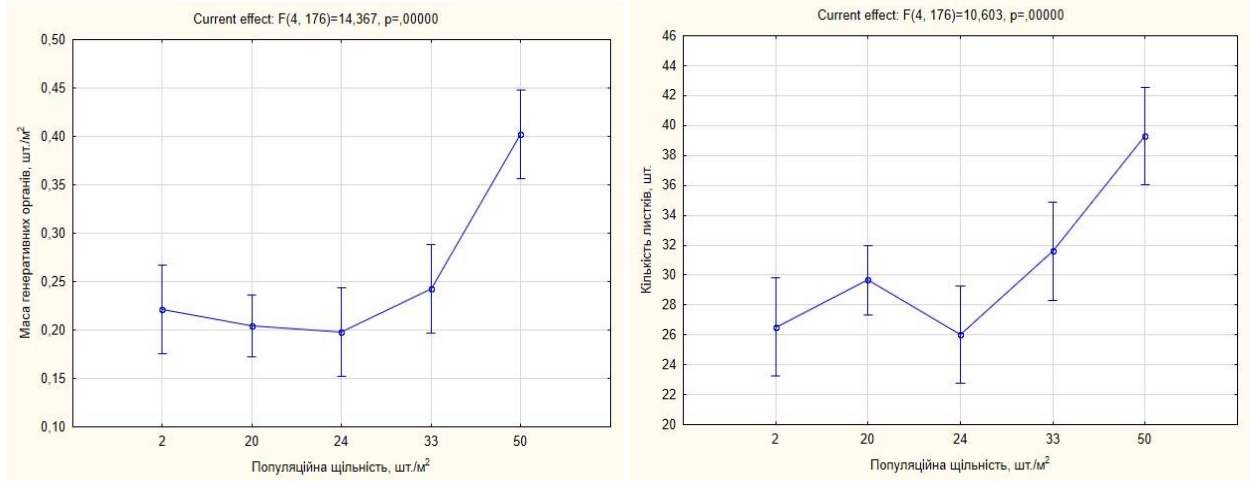
Зміна у рослин *Stellaria holostea* маси листків та довжини стебла на тлі зміни видів-домінантів ярусу трав



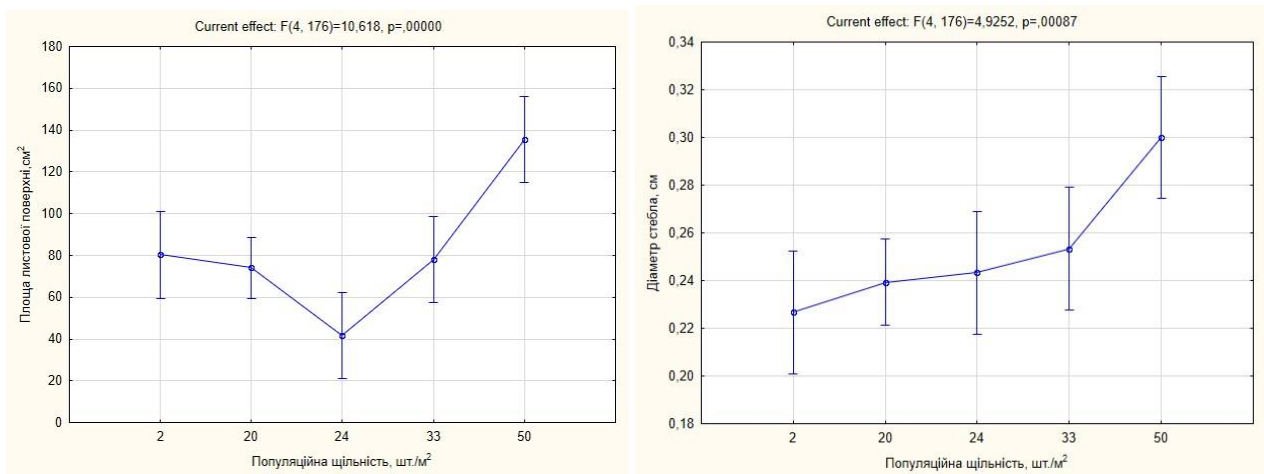
Зміна у рослин *Stellaria holostea* кількості генеративних органів (квіток) та площі одного листка на тлі зміни видів-домінантів ярусу трав

Рисунок 4.42. Зміна у рослин *Stellaria holostea* величин морфопараметрів на тлі зміни видів-домінантів ярусу трав. Номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Stellaria holostea*; 4. *Lathyrus vernus*; 5. *Asarum europaeum*

Найвищі значення статичних метричних морфопараметрів зазвичай припадають на популяції, які мають значення популяційної щільності на рівні 33-50 шт. рослин/м² (рис. 4.43.).



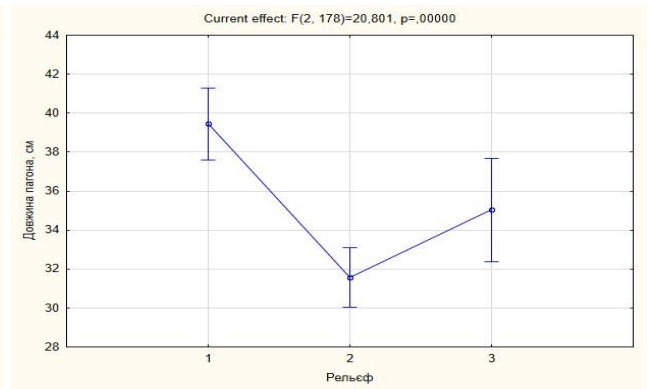
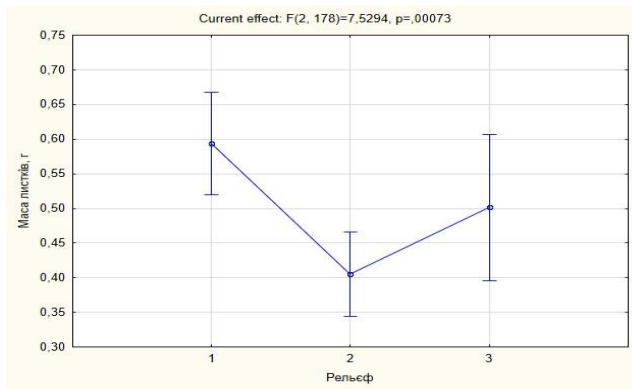
Значення маси генеративних органів та кількості листків у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни популяційної щільності цього виду



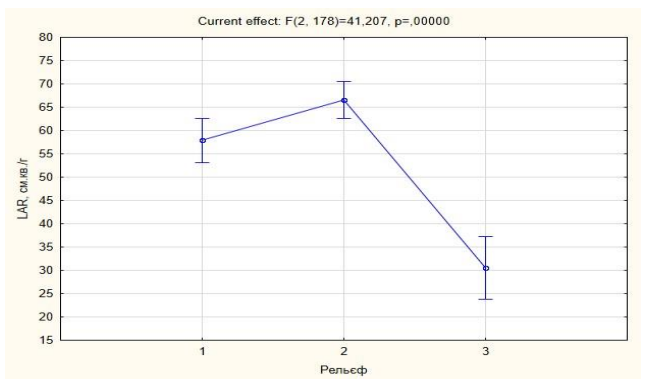
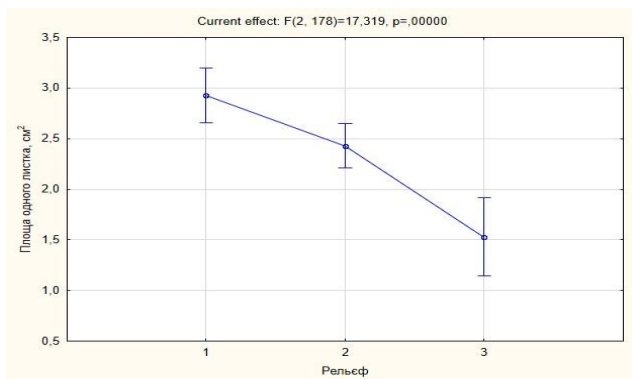
Значення площі листової поверхні та діаметру стебла у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни популяційної щільності цього виду

Рисунок 4.43. Значення статичних метричних морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* на тлі зміни популяційної щільності цього виду

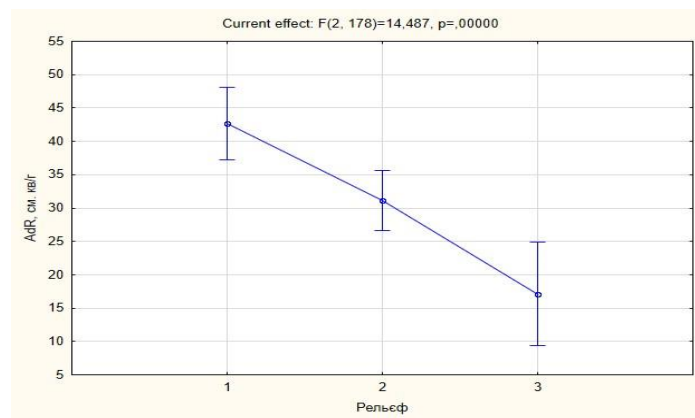
Найбільші значення морфопараметрів у *S. holostea* також були зареєстровані у рослин із популяцій, які зростають на схилах, насамперед на тих, що мають південну експозицію та у пралісових екосистемах (рис. 4.44.).



Зміна маси листків та довжини стебла у рослин *Stellaria holostea* залежно від рельєфу



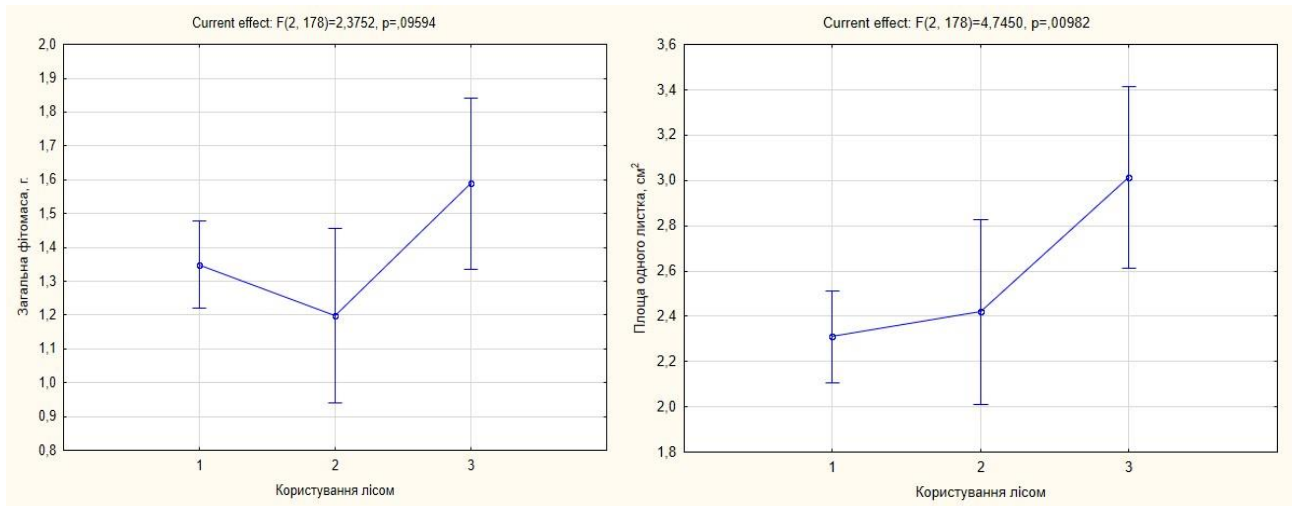
Зміна площі одного листка і співвідношення між площею листової поверхні та фітомасою (LAR) у рослин *Stellaria holostea* залежно від рельєфу



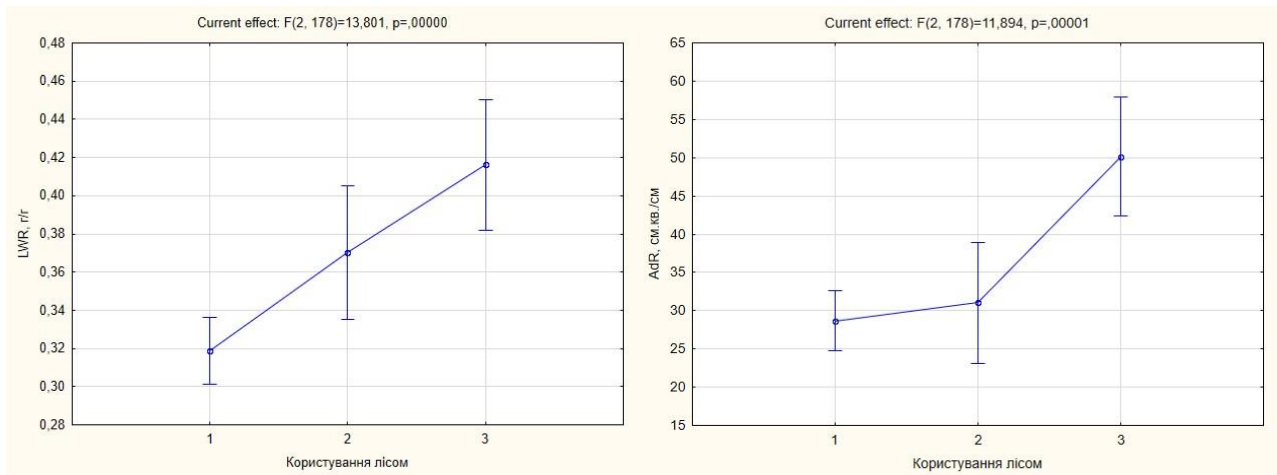
Зміна співвідношення між площею листової поверхні та діаметром стебла (AdR)

Рисунок 4.44. Зміна морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* залежно від рельєфу (1 – схил південної експозиції, 2 – схил північної експозиції, 3 – рівнинна територія).

Досить високі величини морфопараметрів реєструються й у лісах, у яких запроваджено екологічний лісогосподарський менеджмент (рис. 4.45.).



Зміна загальної фітомаси та площі одного листка у рослин *Stellaria holostea* залежно від системи лісокористування



Зміна фотосинтетичного зусилля (LWR) і співвідношення між площею листової поверхні та діаметром стебла (AdR) у рослин *Stellaria holostea* залежно від системи лісокористування

Рисунок 4.45. Зміна морфопараметрів у рослин *Stellaria holostea* залежно від системи лісокористування (1 – здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини; 2 – запроваджено лісгосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліс, запроваджено природоохоронний режим)

Отже, отримані дані об'єктивно засвідчили, що рослини *S. holostea* на зміну еколого-ценотичних умов місцезростань Геттінгенського лісу чутливо реагують зміною морфометричних показників. Проведений аналіз змін величин морфопараметрів за градієнтами дозволив виявити показники, при яких значення

статичних метричних показників *S. holostea* досягають найбільших величин, тобто виявити параметри еколого-ценотичного оптимуму для даних популяційних характеристик (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для статичних метричних морфопараметрів *Stellaria holostea* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Освітленість	980-2960 Лк
Кислотність (рН) ґрунту	рН=5,0-5,6
Вік деревостанів	Близько 118 років
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	65-70%
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,5-29,0%
Видовий склад ярусу деревостану	Кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>); монодомінантні букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i>)
Вологість ґрунту	37-44%
Популяційна щільність	33-50 шт.рослин/м ²
Проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав	40-45%
Рельєф	Схили, насамперед південної експозиції
Система лісокористування	Праліси та ліси, у яких запроваджено екологічний менеджмент

4.4. Розмірна структура популяцій *Stellaria holostea*

Задля отримання детальної інформації про розмірні ознаки популяцій *S. holostea* було здійснено вивчення їхньої розмірної структури. Такий аналіз було здійснено з опорою на один морфопараметр (кількість листків) та на два морфопараметри (кількість листків та кількість квіток). Ці показники були відібрані з урахуванням результатів факторного аналізу як ознак, що проявили найвищі факторні навантаження.

Вивчення розмірної структури на основі значень кількості листків (рис. 4.4б) здійснювалось на основі того, що наявні значення цього показника були диференційовані за п'ятьма розмірними класами: I – 14-23 шт., II – 24-32 шт., III – 33-41шт., IV – 42-50 шт., V – 51-59 шт. (рис. 4.96).

Встановлено, що популяція із пралісу (екосистема №9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) має повні, континуальні та центровані розмірні спектри (рис. 4.96, табл. 4.16). У популяціях із екосистеми середньовікового лісу, включеного до системи традиційного лісокористування (№2, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*), а також із екосистем перестійних лісів (№4, угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta* та №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), у яких запроваджено екологічний менеджмент, відсутні рослини одного розмірного класу.

Відповідно, у популяцій із цих трьох екосистем значення показника повноти розмірних спектрів становлять 80%. Розмірний спектр популяції із екосистеми №4 є центрованим, а із №2 та №5 – лівосторонніми.

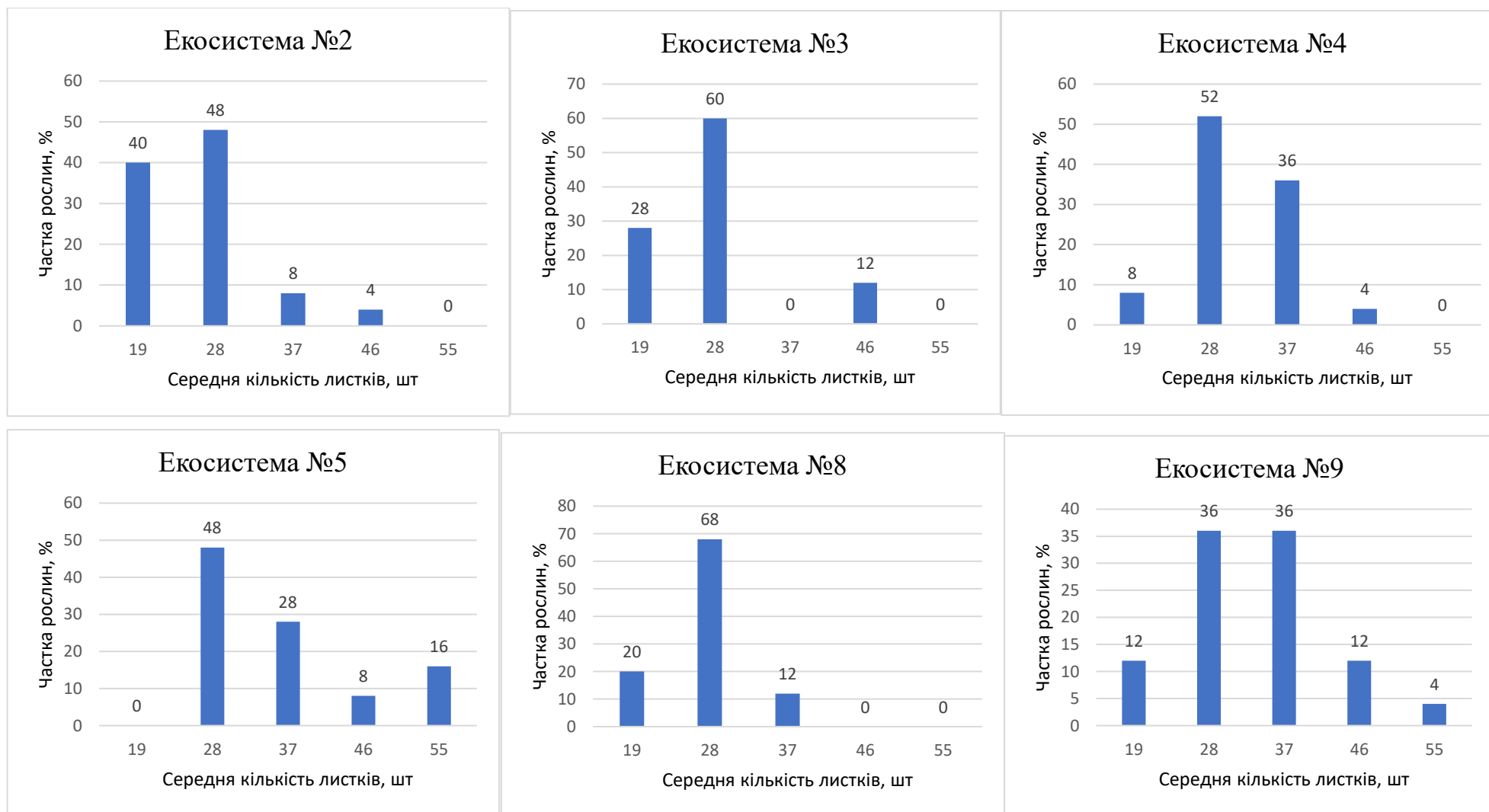


Рисунок 4.46. Розмірна структура популяцій *Stellaria holostea*
(за значеннями кількості листків)

Таблиця 4.16

Узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *Stellaria holostea* (з урахуванням значень однієї ознаки)

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану (років) та вікова група	Характеристики розмірних спектрів			
			континуальний (К) /дискретний (Д)	симетричність	повнота	ступінь повноти, %
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	55 (середньовіковий)	К	Лівосторонній	Неповний	80,0
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	Д	Лівосторонній	Неповний	60,0
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Prunus cerasus</i> – <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	107 (перестійний)	К	Центрований	Неповний	80,0
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	К	Лівосторонній	Неповний	80,0
8 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Stellaria holostea</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i> + <i>Viola hirta</i>	152 (перестійний)	К	Лівосторонній	Неповний	60,0
9*	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	К	Центрований	Повний	100

У складі спектрів двох інших популяцій із лісів, у яких також запроваджено екологічний менеджмент (екосистема №3, вік 99 років, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* та екосистема №8, вік 152 роки, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) відсутні рослини вже двох розмірних класів. Спектри популяцій із цих двох екосистем є континуальними та лівосторонніми.

З діаграм (рис. 4.46.), які наочно демонструють розмірну структуру популяцій *S. holostea* (за кількістю листків), видно характерну особливість: в усіх екосистемах найбільшу частку (від 36 до 68%) формують рослини, у яких середня кількість листків становить 28 шт.

Таким чином, узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *S. holostea*, яка сформована за результатами аналізу розподілу значень одного морфопараметру, об'єктивно свідчить про те, що більшість досліджуваних популяцій мають континуальні, неповні розмірні спектри при ступені повноти 60,0-80,0%. Вони сформувались в екосистемах, які є різними за видовим складом деревостану, віком, характером лісокористування.

На даному етапі досліджень за результатами аналізу впливу еколого-ценотичних та популяційних ознак на розмірні характеристики популяцій *S. holostea* зареєстрована тенденція до збільшення ступеня повноти розмірних спектрів на тлі збільшення освітленості ($r=0,759708$), зростання у ґрунті вмісту органічних речовин ($r=0,755749$) та збільшення його вологості (0,616658) (табл. 4.17). Тобто на тлі зростання величин зазначених чинників відбувається збільшення представленості в популяціях рослин різних розмірних класів. Ця ж тенденція проявляється й при активізації в популяції відновлювальних процесів ($r=0,611475$) (рис. 4.47). Навпаки, при збільшенні в популяції генеративних рослин ступінь різноманітності її розмірної структури зменшується ($r=-0,722217$) (рис. 4.48).

Таблиця 4.17

Результати кореляційного аналізу для ступеня повноти розмірних спектрів популяцій *Stellaria holostea* (з урахуванням значень однієї ознаки)

Екологічні та популяційні характеристики	Повнота розмірних спектрів
	значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r)
Освітленість, Лк	0,759708
Вологість ґрунту, %	0,616658
Вміст у ґрунті органічної речовини, %	0,755749
Індекс відновлюваності популяцій, %	0,611475
Індекс генеративності популяцій, %	-0,722217
Індекс віковості популяцій	-0,542319

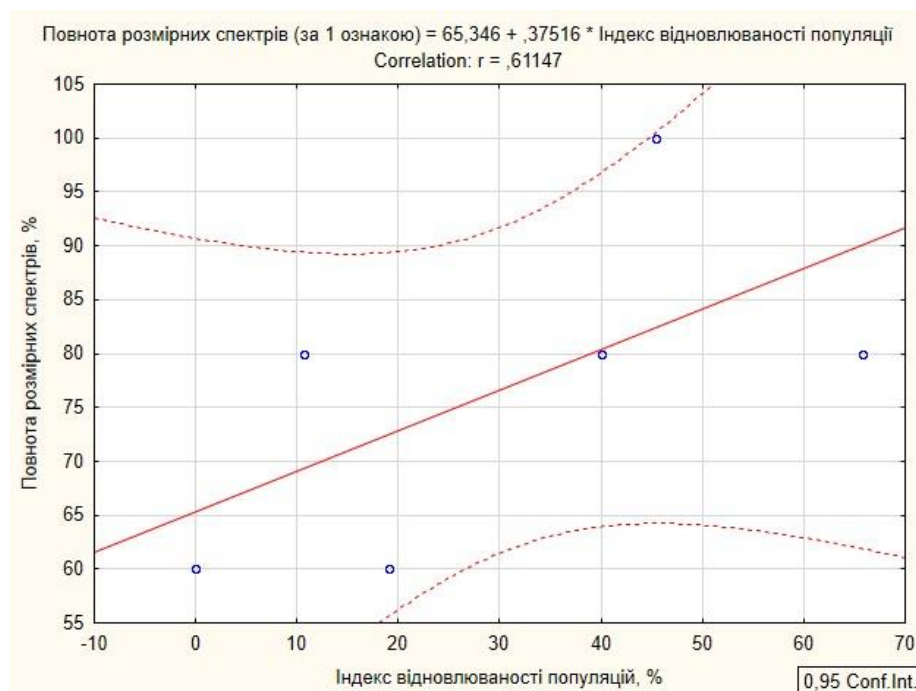


Рисунок 4.47. Зміна показника повноти розмірних спектрів (за результатами врахування значень кількості листків) популяцій *Stellaria holostea* на тлі зміни величин індексу відновлюваності

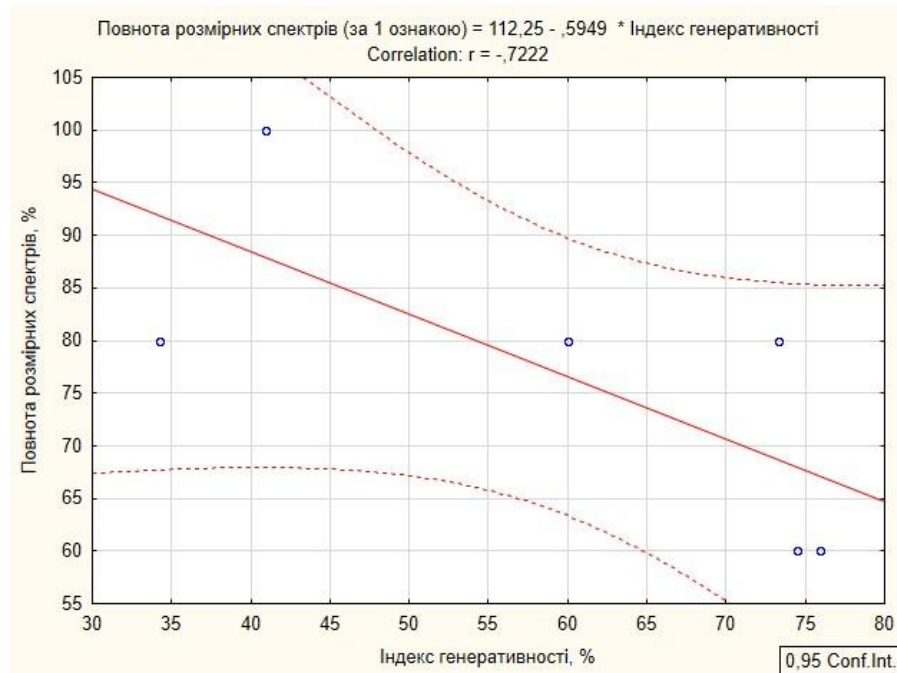
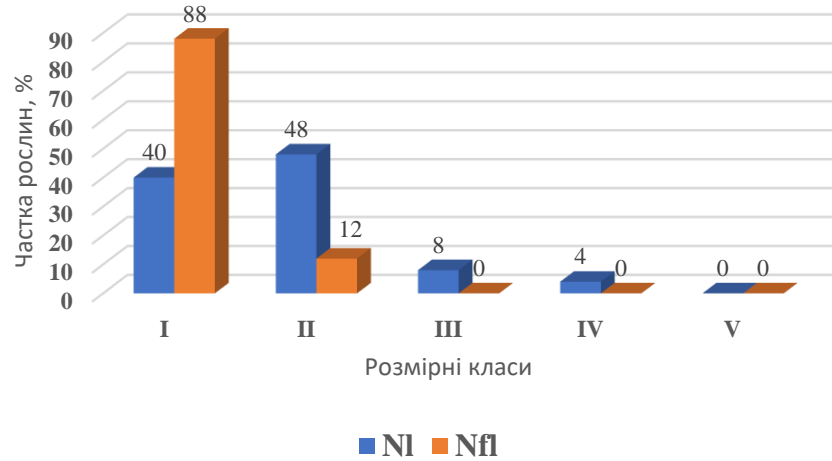


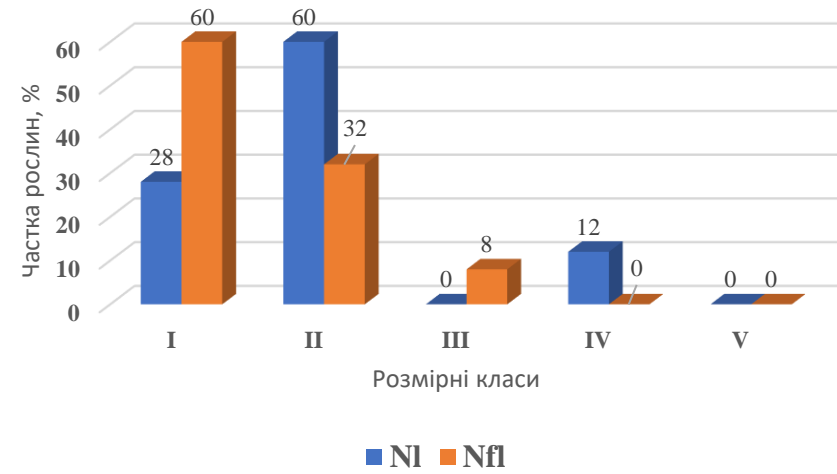
Рисунок 4.48. Зміна показника повноти розмірних спектрів (за результатами врахування значень кількості листків) популяції *Stellaria holostea* на тлі зміни величин індексу генеративності

Результати аналізу розмірної структури популяції *S. holostea* за величинами двох показників (кількості листків та кількості квіток) представлені на рис. 4.49 та табл. 4.18. Розмірні спектри за двома ознаками, як і за однією є неповними та, здебільшого континуальними. Порівняно із даними, сформованими за величинами одного морфопараметру, спектри мають менші значення повноти та більш чітко виражену лівосторонність.

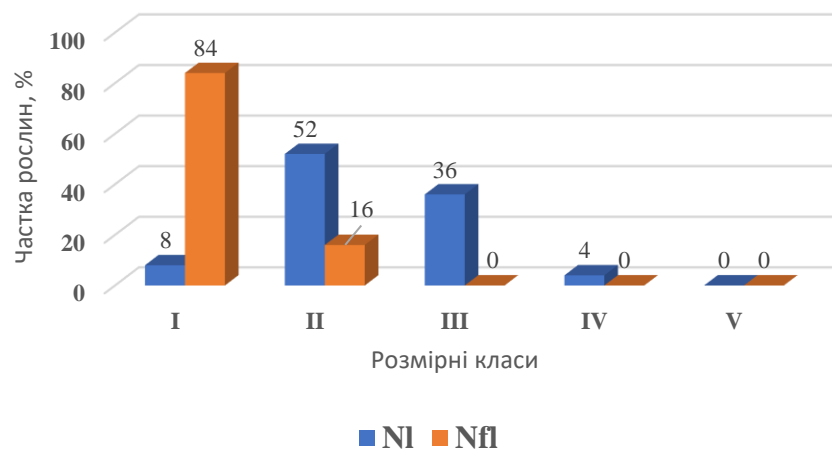
Екосистема №2



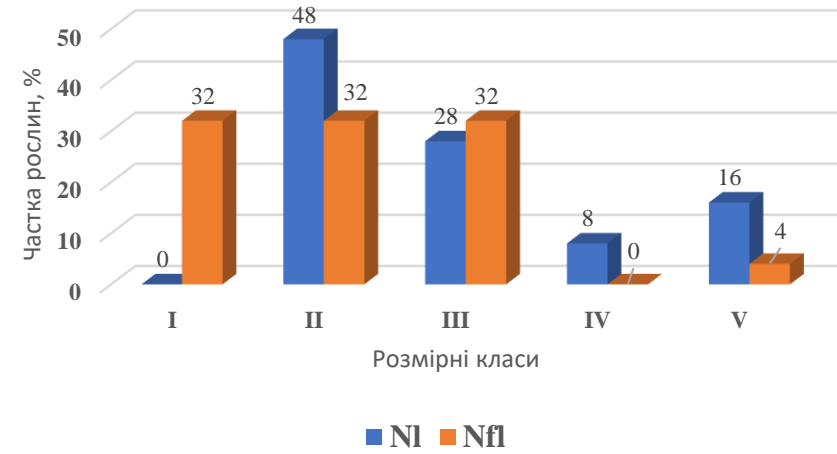
Екосистема №3



Екосистема №4



Екосистема №5



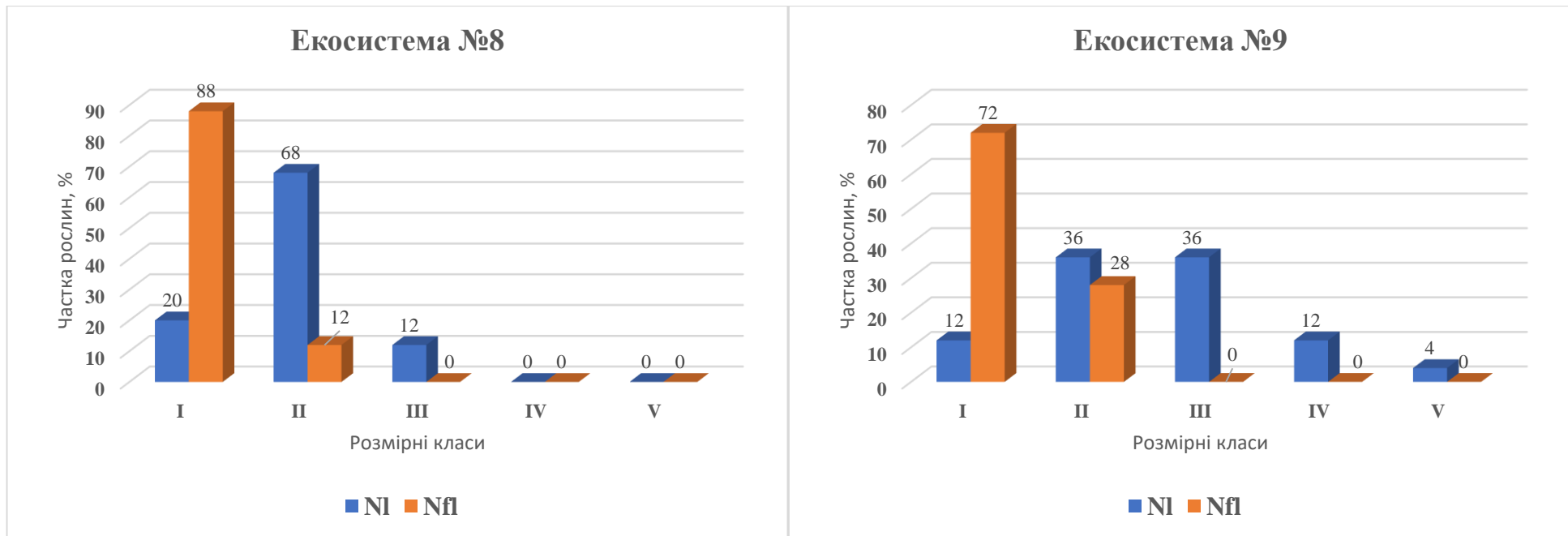


Рисунок 4.49. Розмірна структура популяцій *Stellaria holostea* за показниками кількості листків та кількості квіток

Таблиця 4.18

Узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *Stellaria holostea* (з урахуванням значень двох ознак)

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за доміантною системою)	Вік деревостану (років) та вікова група	Характеристики розмірних спектрів			
			континуальний (К) /дискретний (Д)	симетричність	повнота	ступінь повноти (2), %
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	55 (середньовіковий)	<u>К</u>	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	40,0
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	<u>Д</u>	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	40,0
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Prunus cerasus</i> – <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	107 (перестійний)	<u>К</u>	Лівосторонній	<u>Неповний</u>	40,0
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	Д	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	60,0
8 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Stellaria holostea</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i> + <i>Viola hirta</i>	152 (перестійний)	<u>К</u>	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	40,0
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	<u>К</u>	Лівосторонній	Неповний	40,0

Примітка: підкреслено випадки, де є співпадіння характеристик розмірної структури, визначених за однією та двома ознаками

На даному етапі досліджень за результатами аналізу впливу еколого-ценотичних та популяційних ознак на розмірні характеристики популяцій *S. holostea* встановлено, що на ознаки розмірної структури проявляє вплив й рівень кислотності (рН) ґрунту ($r=-0,660995$), а також популяційна щільність ($r=0,778444$) (табл. 4.19.). Тобто, на тлі зростання популяційної щільності відбувається збільшення представленості в популяціях рослин різних розмірних класів, що, у свою чергу, може бути результатом загострення внутрішньовидової конкуренції між рослинами *S. holostea* та, відповідно, адаптації рослин до неї за рахунок збільшення їхньої розмірної диференціації.

Таблиця 4.19.

Результати кореляційного аналізу для ступеня повноти розмірних спектрів популяцій *Stellaria holostea* (з урахуванням значень двох ознак)

Екологічні та популяційні характеристики	Повнота розмірних спектрів
	значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r)
Освітленість, Лк	0,612741
Кислотність (рН) ґрунту	-0,660995
Популяційна щільність	0,778444
Індекс відновлюваності популяцій, %	0,710987
Індекс генеративності популяцій, %	-0,686155

Аналіз розмірної структури популяції *S. holostea* за величинами двох показників був доповнений визначенням величин індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) (табл. 4.20) із використанням допоміжної таблиці (Додаток Д). Встановлено, що найвищими показниками індексу різноманітності розмірної структури (40%) вирізняються популяції перестійного лісу, де запроваджено екологічний менеджмент (екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*). У ній зареєстровано 10 співпадінь розмірних класів двох обраних морфопараметрів. Найбільшу частку (48%) у складі цієї популяції складають рослини II класу за кількістю листків.

Таблиця 4.20.

Розмірна структура та індекси різноманітності розмірної структури у популяції *Stellaria holostea*

Морфопараметри				Досліджувані популяції із різних екосистем та частка (%) рослин відповідних класів у них					
кількість листків, Nl		кількість квіток, Nfl		№2 ⁺	№3 [»]	№4 [»]	№5 [»]	№8 [»]	№9 [*]
клас розмірності	амплітуда значень	клас розмірності	амплітуда значень	%	%	%	%	%	%
I	14-23	I	5-14	36	28	8		20	12
I	14-23	II	15-23	4					
I	14-23	III	24-32						
I	14-23	IV	33-41						
I	14-23	V	42-51						
II	24-32	I	5-14	48	32	48	28	60	32
II	24-32	II	15-23		28	4	12	8	4
II	24-32	III	24-32				8		
II	24-32	IV	33-41						
II	24-32	V	42-51						
III	33-41	I	5-14	4		28	4	8	28
III	33-41	II	15-23	4		8	16	4	8
III	33-41	III	24-32				8		
III	33-41	IV	33-41						
III	33-41	V	42-51						
IV	42-50	I	5-14						
IV	42-50	II	15-23	4	4	4	4		12
IV	42-50	III	24-32		8		4		
IV	42-50	IV	33-41						
IV	42-50	V	42-51						
V	51-59	I	5-14						
V	51-59	II	15-23						4
V	51-59	III	24-32				12		
V	51-59	IV	33-41						
V	51-59	V	42-51				4		
Разом				100	100	100	100	100	100
Індекс різноманітності IDSS (%)				24	20	24	40	20	28

Друге місце за показником IDSS, який дорівнює 28%, посідає популяція із пралісу. У ній зареєстровано 7 співпадінь розмірних класів. Популяції із чотирьох інших екосистем виявились дуже подібними за показниками різноманітності розмірної структури. Значення IDSS у них варіюють від 20% (маємо 5 співпадінь розмірних класів) до 24% (6 співпадінь).

У популяції *S. holostea* значення IDSS статистично достовірно зростають при збільшенні освітленості під наметом лісу ($r=0,840531$) та при активізації відновлювальних процесів ($r=0,866642$) (табл. 4.21.). Навпаки, вони зменшуються при зростанні у складі популяції частки генеративних рослин ($r=-0,889527$).

Таблиця 4.21.

Результати кореляційного аналізу для ступеня індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) популяції *Stellaria holostea*

Екологічні та популяційні характеристики	Індекс IDSS
	значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r) ¹
Освітленість, Лк	0,840531*
Кислотність (рН) ґрунту	-0,573723
Популяційна щільність	0,678264
Індекс відновлюваності популяцій, %	0,866642*
Індекс генеративності популяцій, %	-0,889527*

Примітка: * позначено, зв'язки достовірні на рівні 95% і вище

Результати вивчення розмірної структури (показників повноти розмірних спектрів, значень IDSS) було узагальнено на основі використання кластерного аналізу (рис. 4.50.). Встановлено, що за комплексом ознак розмірної структури високий рівень подібності проявляють популяції із екосистемами середньовікового лісу (№2, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Allium ursinum*+*Asarum europaeum*+*Galium intermedium*) та перестійного 107-річного лісу (№4, угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+ *Anemone*

nemorosa+Viola hirta). Популяції обох цих екосистем мають континуальні неповні розмірні спектри, а їхні значення IDSS дорівнюють 24%.

linkage distance	Single Linkage Euclidean distances					
	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6
0,000000	2	4				
0,000000	3	8				
20,39608	2	4	3	8		
20,39608	2	4	3	8	9	
25,61250	2	4	3	8	9	5

Рисунок 4.50. Результати кластерного аналізу популяцій *Stellaria holostea* за комплексом ознак розмірної структури (нумерація популяцій відповідає табл. 4.16)

Високий рівень подібності проявляють популяції із екосистеми стиглого 99-річного лісу (№3, угруповання *Fagus sylvatica+Fraxinus excelsior – Anemone nemorosa+Dentaria glandulosa*) та перестійного 152-річного лісу (№8, угруповання *Fagus sylvatica + Fraxinus excelsior – Stellaria holostea+Asarum europaeum+Galium intermedium+Viola hirta*). Популяції *S. holostea* обох цих екосистем мають неповні, як континуальні, так дискретні, як лівосторонні, так і центровані розмірні спектри, а їхні значення IDSS дорівнюють 20%.

Найбільш специфічною за ознаками розмірної структури виявилась популяція *S. holostea* із екосистеми 118-річного перестійного лісу (№5, угруповання *Fagus sylvatica+Acer pseudoplatanus – Anemone nemorosa+Asarum europaeum*). Популяція із даної екосистеми має неповні лівосторонні розмірні спектри при значеннях IDSS, що досягають 40%.

Результати кластеризації популяцій *S. holostea* за ознаками розмірної структури виявились надто специфічними і не проявили подібності до результатів кластерного аналізу, що застосовувався до інших популяційних ознак даного виду (характеристик популяційного поля та онтогенетичної структури, значень морфопараметрів).

4.5. Віталітетна структура популяцій *Stellaria holostea* та вплив на неї еколого-ценотичних чинників

За результатами реалізації алгоритму віталітетного аналізу (Додаток З; Додаток И; Додаток К) встановлено, що в усіх досліджуваних екосистемах зростають популяції *S. holostea* рівноважного типу, з індексами якості (Q) від 0,2167 до 0,3000 (табл. 4.22.). При цьому, найвищі значення індексу якості зареєстровані у популяції із 107-річного перестійного лісу, у якому запроваджено екологічний менеджмент (екосистема №4, угруповання *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*). Найменші значення також припадають на ліс із екологічним менеджментом, який має вік 99 років (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) (Yaroshenko, Skliar, Rosenthal, 2023).

Таблиця 4.22.

Віталітетна структура популяцій *Stellaria holostea*

№ екосистеми	Частка рослин певного класу віталітету			Значення індексу якості (Q)	Віталітетний тип популяції
	вищого класу (a)	проміжного класу (b)	нижчого класу (c)		
2 ⁺	0,3333	0,1667	0,5000	0,2500	рівноважний
3 [»]	0,2667	0,1667	0,5667	0,2167	рівноважний
4 [»]	0,4000	0,2000	0,4000	0,3000	рівноважний
5 [»]	0,3000	0,1667	0,5333	0,2333	рівноважний
8 [»]	0,3333	0,1667	0,5000	0,2500	рівноважний
9 [*]	0,4333	0,1000	0,4667	0,2667	рівноважний

Встановлено, що із числа екоциніків, які охоплені вивченням, на життєвість популяцій *S. holostea* найпотужніший вплив проявляє чинник кислотності (рН) ґрунту: $r = 0,76239$ (рис. 4.51). За характером реагування на даний чинник *S. holostea* суттєво відрізняється від *A. europaeum*, у якого показники індексу Q, навпаки, зменшуються при збільшенні рН ґрунту ($r = -0,5012$) (див. рис. 3.70). На відміну від рН ґрунту, характер реагування значень індексу Q на зміну вмісту органічних речовин у ґрунті не мав лінійного характеру (рис. 4.52.).

Вищий рівень життєвості зареєстрований й у популяцій, які зростали у лісах із домінуванням у ярусі деревостану *Fagus sylvatica* та співдомінуванням *Prunus cerasus*, а також у чистих букових лісах (рис. 4.53.). Найвищі значення індексу Q припадали й на екосистеми, у ярусі трав яких домінують *Lathyrus vernus* або *Asarum europaeum* (рис. 4.54.). Загалом збільшення проєктивного покриття видів-домінантів супроводжувалось зменшення життєвості популяцій (рис. 4.55.).

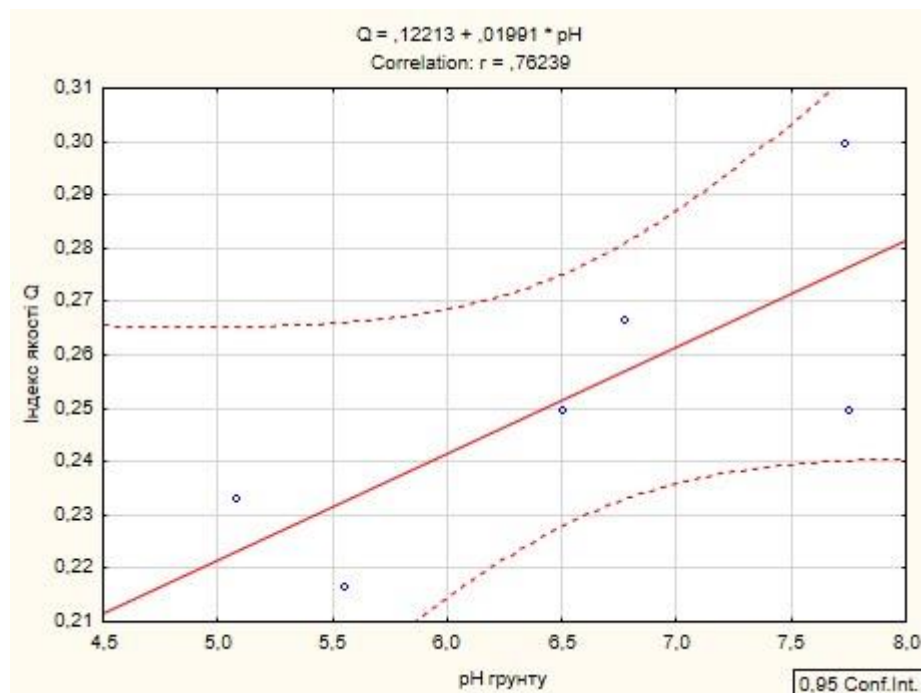


Рисунок 4.51. Зміна значень індексу якості Q у популяцій *Stellaria holostea* на тлі зміни кислотності (рН) ґрунту

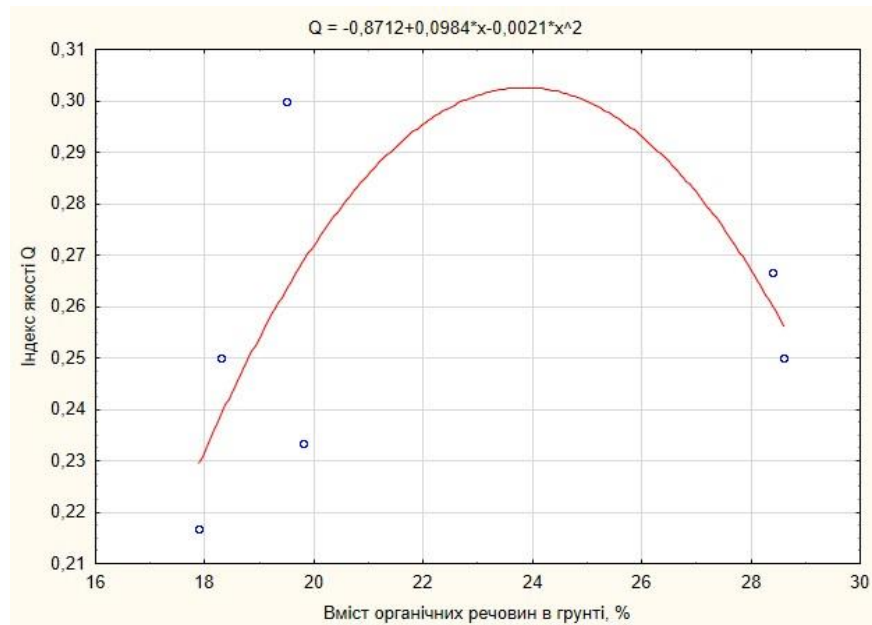


Рисунок 4.52. Зміна значень індексу якості Q у популяції *Stellaria holostea* на тлі зміни в ґрунті вмісту органічних речовин

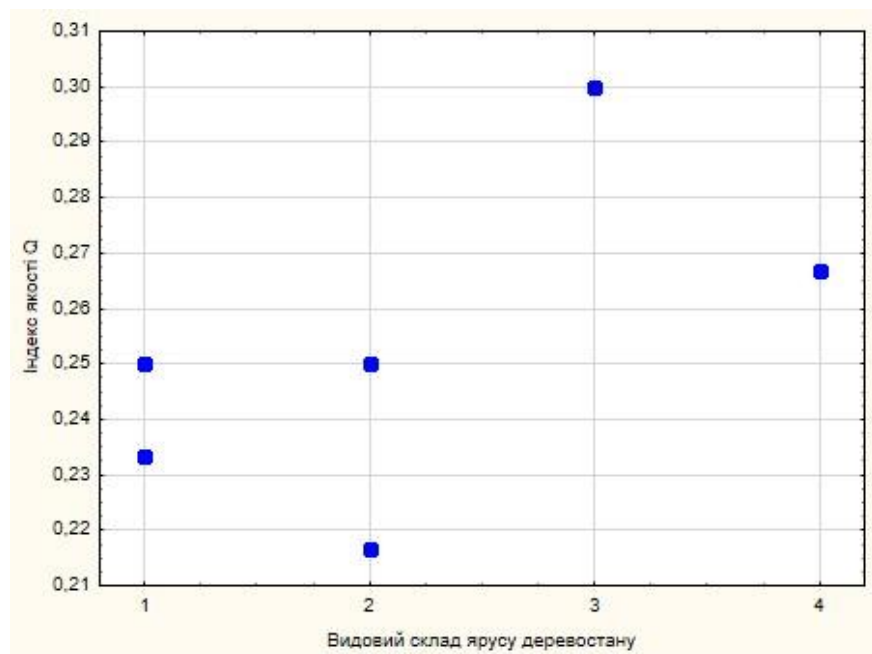


Рисунок 4.53. Значення індексу якості Q у популяції *Stellaria holostea* у лісах різного видового складу. Номерами позначено наступні варіанти видового складу ярусу деревостану: 1. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 2. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 3. *Fagus sylvatica* + *Prunus cerasus*; 4. *Fagus sylvatica*

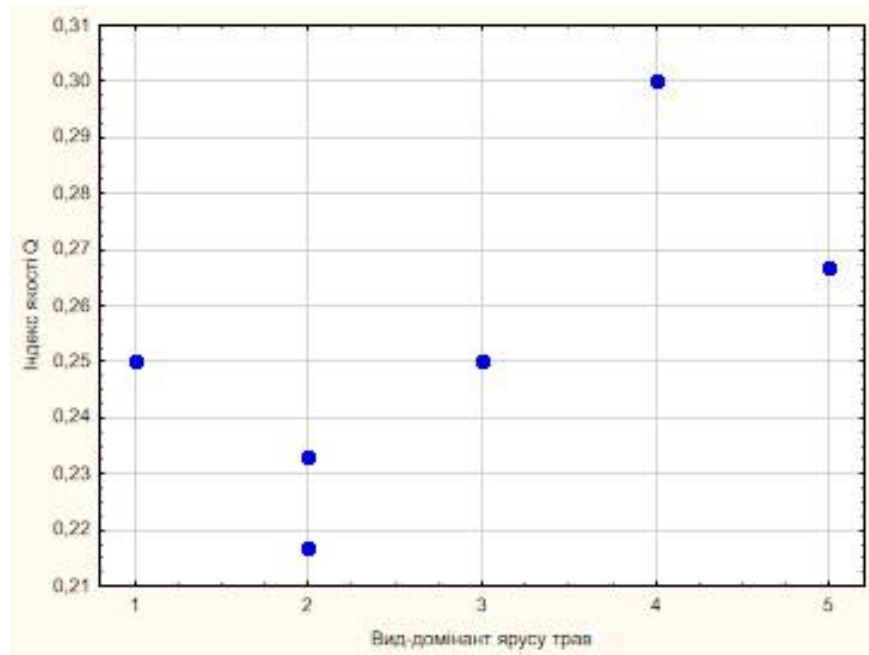


Рисунок 4.54. Значення індексу якості Q у популяції *Stellaria holostea* у лісах із різними видів-домінантами ярусу трав. Номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Stellaria holostea*; 4. *Lathyrus vernus*; 5. *Asarum europaeum*

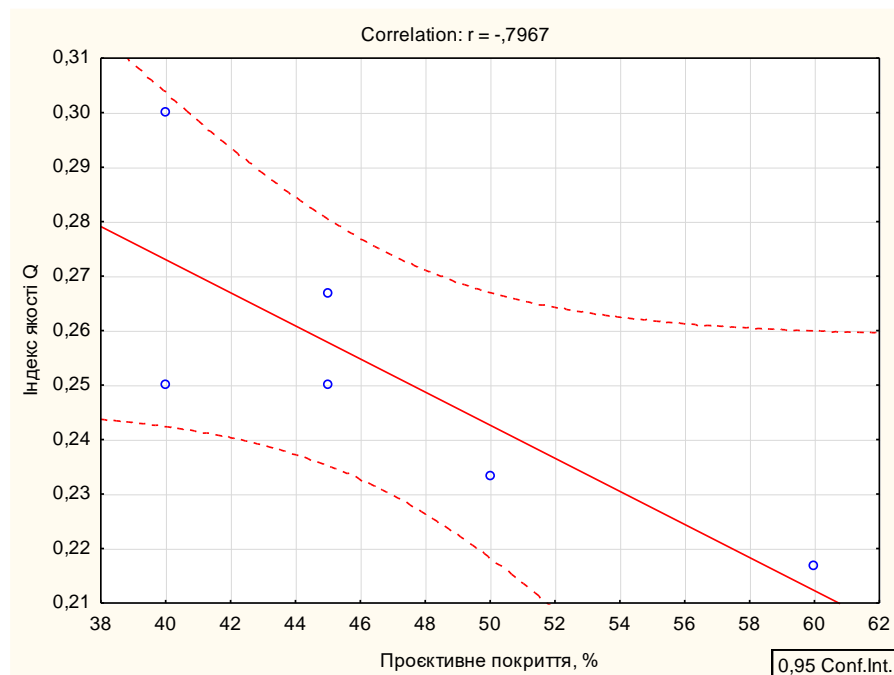


Рисунок 4.55. Зміна значень індексу якості Q у популяції *Stellaria holostea* на тлі проективного покриття домінантів ярусу трав

Інформація про віталітететні характеристики популяцій *S. holostea* у різних місцезростаннях та тлі дії екочинників також узагальнена та унаочнена в додатках Л, М.

Для деталізації інформації щодо впливу провідних екочинників на життєвість популяцій *S. holostea* були розроблені й тривимірні моделі. Вивчення взаємодії чинників показало, що у популяції *S. holostea* високі значення індексу якості Q реєструються при значеннях вмісту органічної речовини 22-28% та рН на рівні 7,0-8,0 (рис. 4.56.), а також при вмісті органічної речовини 22-28% й освітленості під наметом лісу до 2200 Лк (рис. 4.57), при освітленості на рівні 1200-2400 Лк та вологості ґрунту до 42% (рис. 4.58), при освітленості на рівні 1200-2400 Лк та віці деревостану понад 120 років (рис. 4.59). Рівень життєвості визначається й взаємодією інших еколого-ценотичних чинників (рис. 4.60.-4.63).

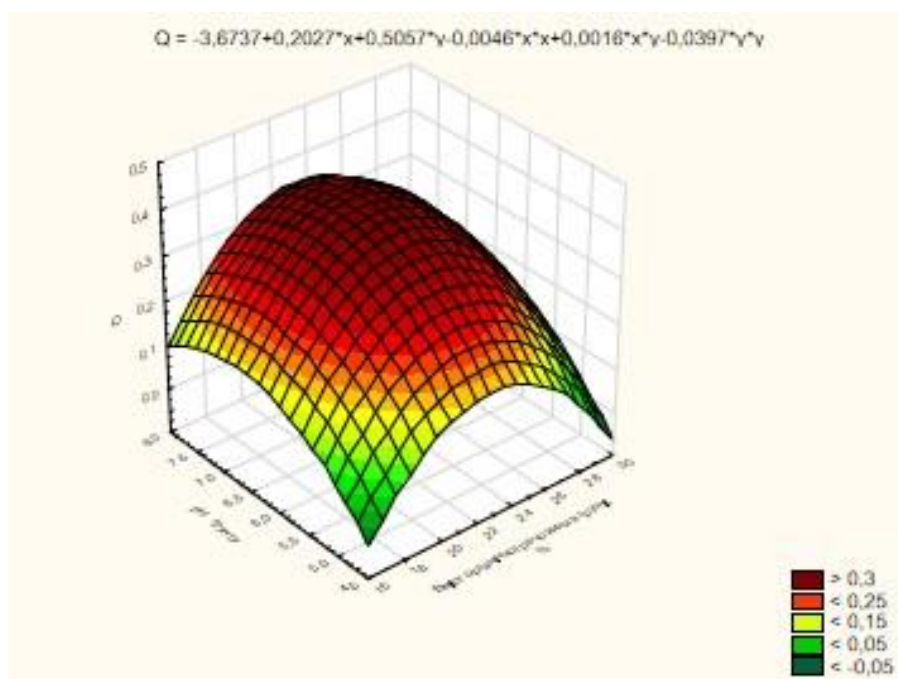


Рисунок 4.56. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від вмісту в ґрунті органічної речовини та рН ґрунту

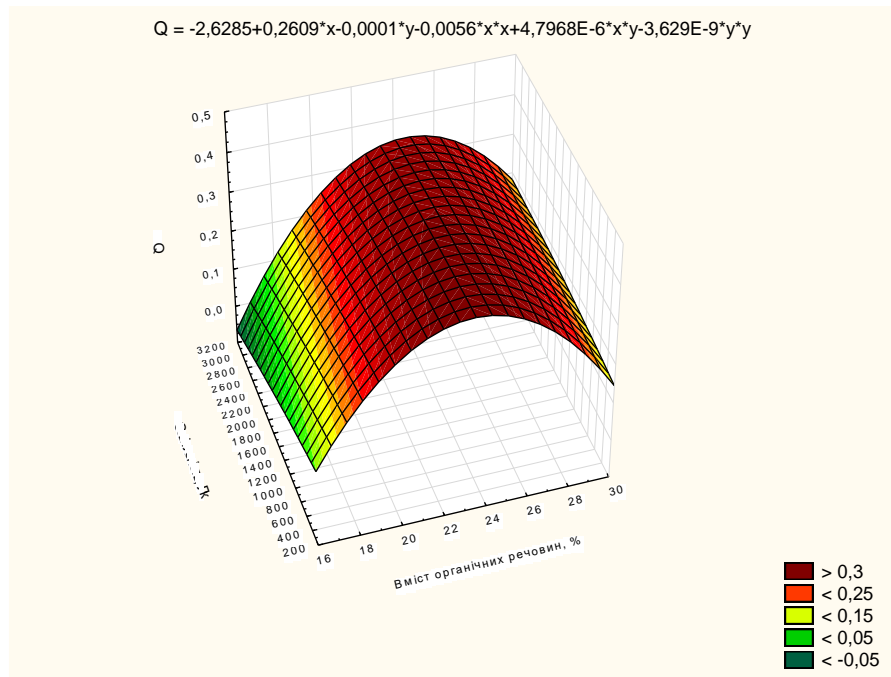


Рисунок 4.57. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від вмісту в ґрунті органічної речовини та освітленості під наметом лісу

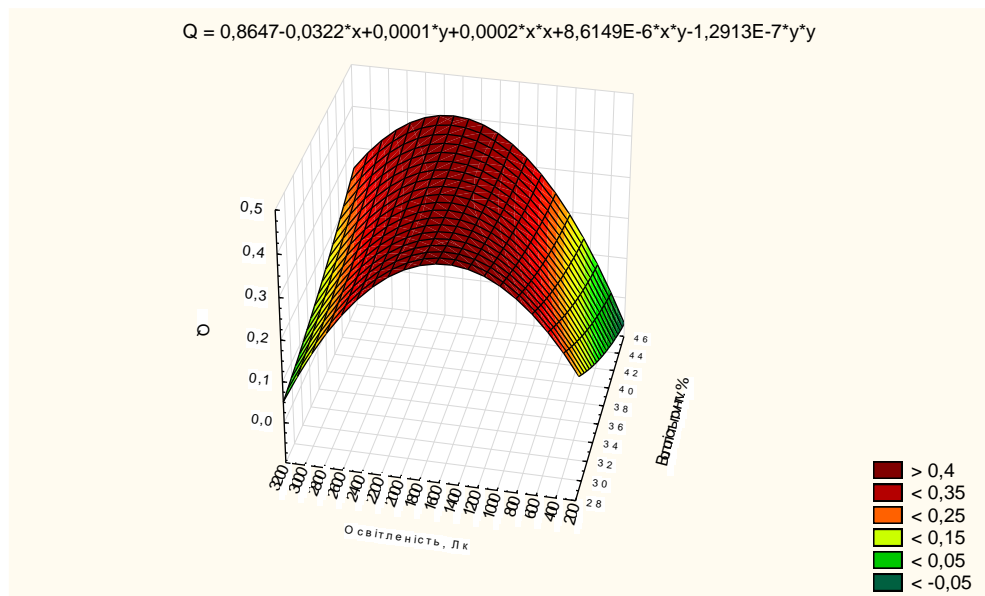


Рисунок 4.58. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від вологості ґрунту та освітленості під наметом лісу

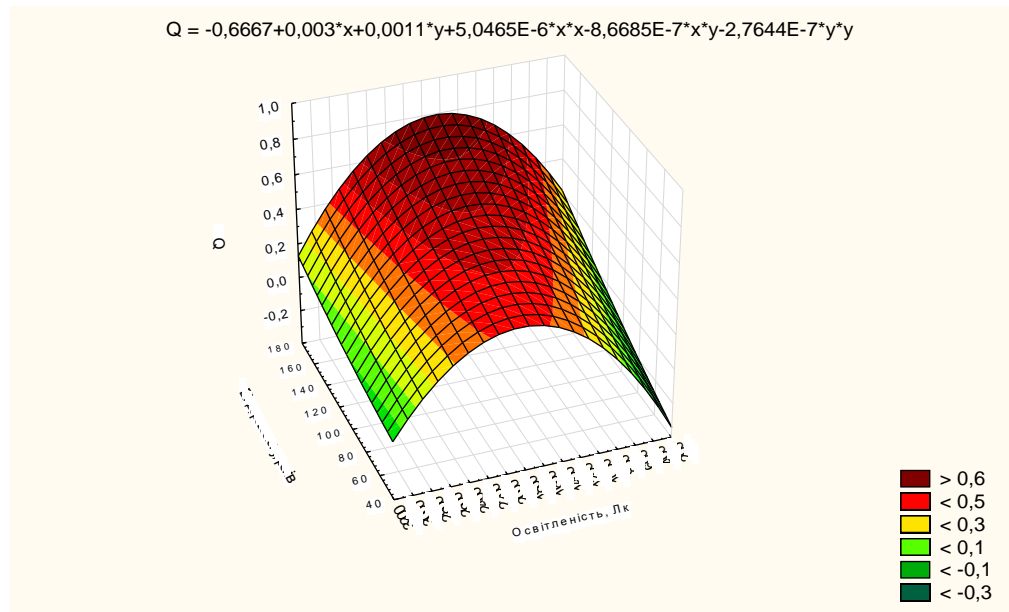


Рисунок 4.59. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від освітленості під наметом лісу та віку ярусу деревостану

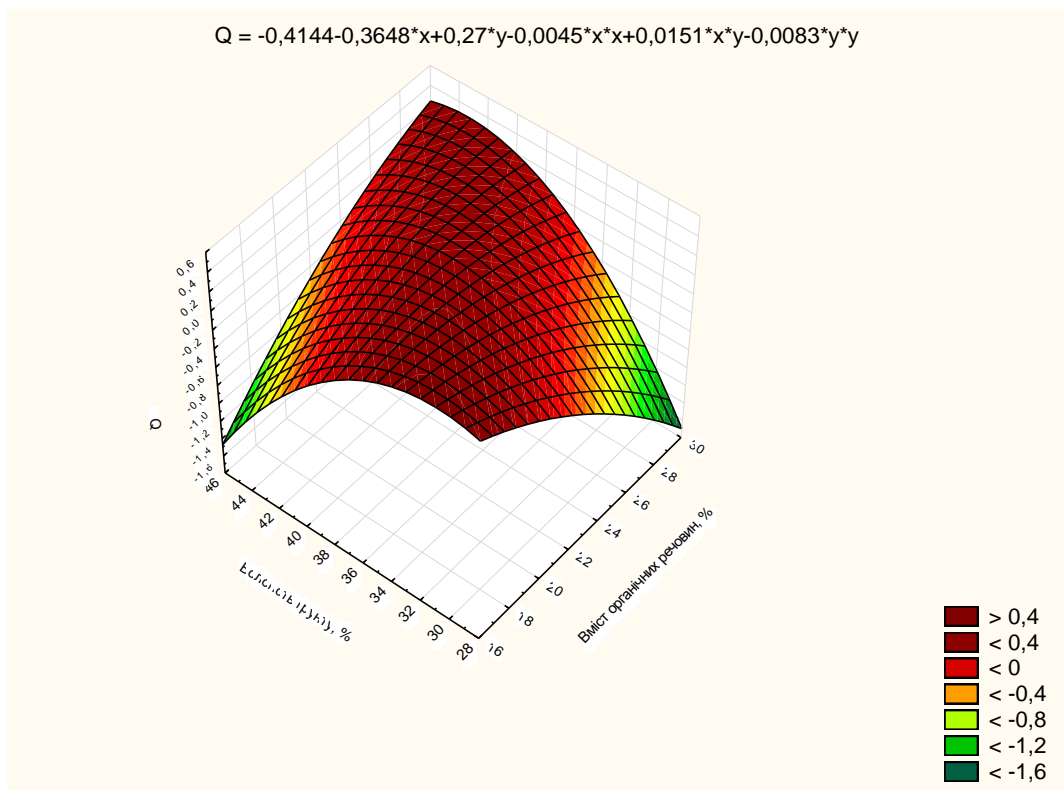


Рисунок 4.60. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від вологості ґрунту та вмісту у ньому органічної речовини

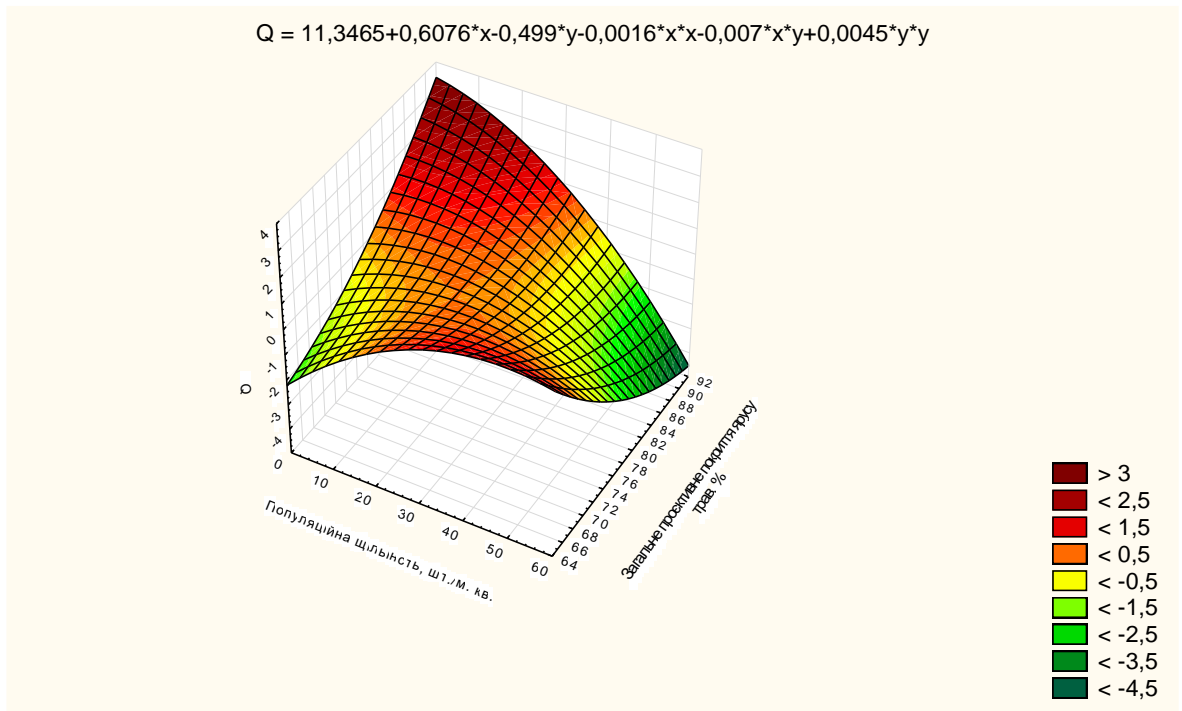


Рисунок 4.61. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від популяційної щільності та загального проективного покриття ярусу трав

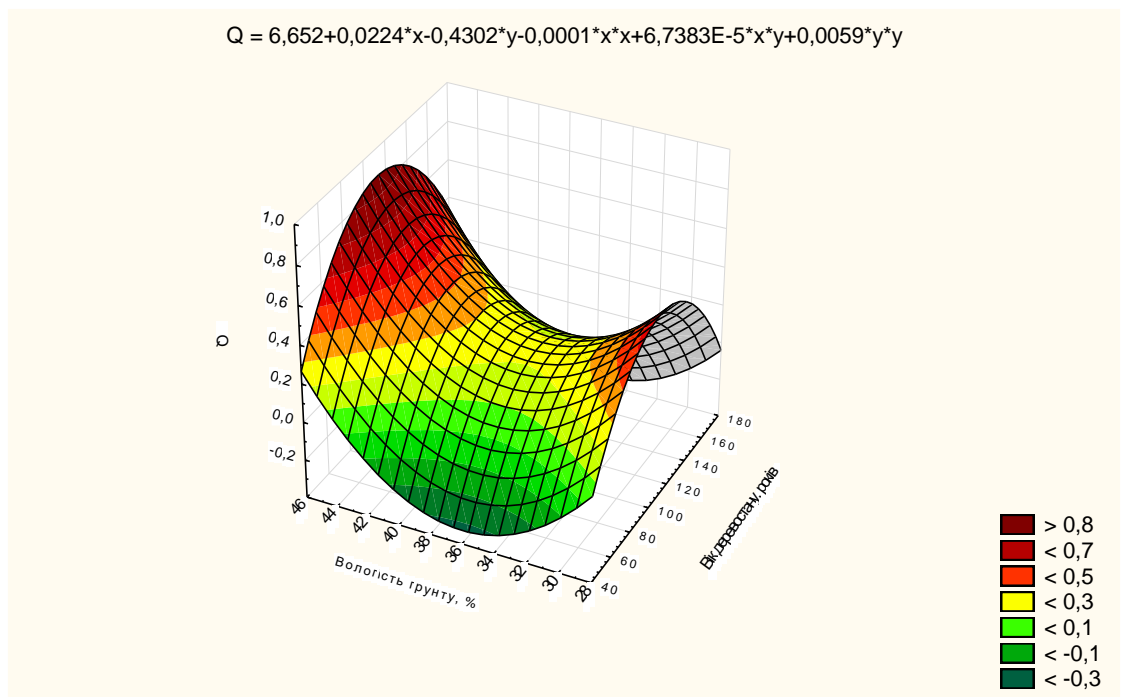


Рисунок 4.62. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від вологості ґрунту та віку ярусу деревостану

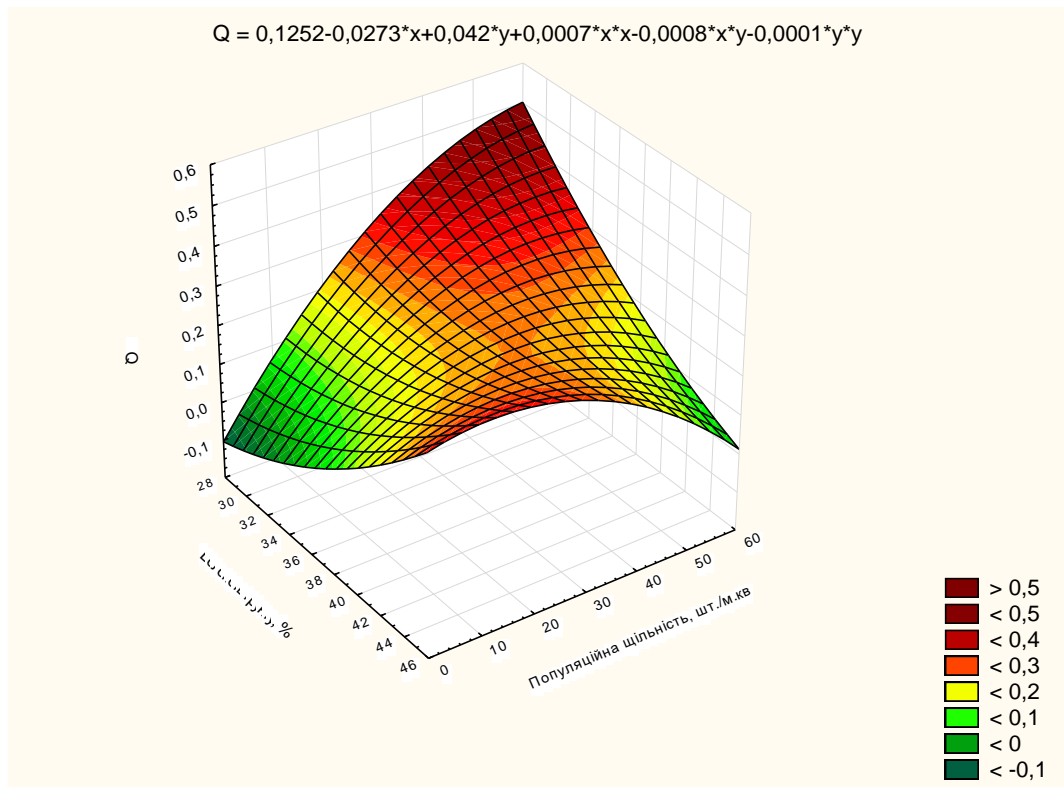


Рисунок 4.63. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Stellaria holostea* залежно від вологості ґрунту та популяційної щільності цього виду

При порівнянні власних результатів із даними віталітетного аналізу, який застосовувався до популяцій *S. holostea*, що зростають у лісах України, зокрема, в урочищі «Образ» (Шерстюк, 21018), встановлено, що у даному лісовому масиві, на відміну від Гетінгенського лісу, зростають процвітаючі та депресивні популяції. Значення індексу якості Q окремих популяцій є у 1,3-2,2 більшими, ніж у Гетінгенському лісі, і досягають 0,39-0,47 (угруповання *Tilieto (cordatae) - Acereto (platanoiditis) - Quercetum (roboris) stellariosum (holostea)* та *Querceto (roboris) - Tilieto (cordatae) - Aceretum (platanoiditis) stellariosum (holostea)*). Навпаки, значення індексу Q інших популяцій становлять 0,16 (угруповання *Fraxinetum (excelsioris) caricosum (pilosae)*) та, відповідно, є у 1,4-1,9 разів меншими, ніж у Гетінгенському лісі.

В лісових екосистемах Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» віталітетна структура популяцій *S. holostea* досліджувалася у

трьох лісових асоціаціях: *Querceto-Pinetum coryloso-stellariosum*, *Quercetum coryloso-caricoso-stellariosum* і *Querceto-Pinetum stellariosum*.

Із трьох популяцій *S. holostea* дві виявилися рівноважними, з індексом якості 0,236 і 0,226, а одна (із угруповання *Quercetum coryloso-caricoso-stellariosum*) – депресивною, з індексом якості 0,156. За віковим складом це була найстаріша популяція з найвищим значенням коефіцієнта віковості (Коваленко, 2015).

У підсумку, комплексний аналіз впливу екочинників на рівень життєвості, значення індексу Q дозволили визначити параметри еколого-ценотичного оптимуму для рівня віталітету популяцій *S. holostea* в Геттінгенському лісі (табл. 4.23.).

Таблиця 4.23.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для рівня віталітету популяцій *Stellaria holostea* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 6,5–8,0
Вологість ґрунту	близько 32 %
Вміст органічних речовин в ґрунті	23-25%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси та букові ліси із співдомінуванням <i>Prunus cerasus</i>
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	70-80%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	40–45%.
Домінант ярусу трава	<i>Lathyrus vernus</i> або <i>Asarum europaeum</i>
Популяційна щільність	30–40 шт./м ²

4.6. Комплексна характеристика стану популяцій *Stellaria holostea*

За результатами проведених нами досліджень встановлено комплекс величин провідних популяційних ознак *S. holostea* (табл. 4.24). У свою чергу це дозволило виділити екосистеми, у складі яких сформувалися популяції даного виду із показниками, які є найбільш сприятливими для забезпечення сталого та довготривалого функціонування популяцій у складі екосистем Геттінгенського лісу. Такі лісорослинні умови можуть розглядатися як умови еколого-ценотичного оптимуму для популяцій *S. holostea* за сукупністю популяційних характеристик.

Встановлено, що у Геттінгенському лісі параметрам комплексного еколого-ценотичного оптимуму відповідають умови екосистем №4, №5 та №9 (відповідно, угруповань *Fagus sylvatica*+*Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*, *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* та *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*). Популяції із даних екосистем мають найвищі, або одні з найвищих, показників популяційної щільності, а рослини – значення морфопараметрів (насамперед, статичних метричних).

Популяції цих екосистем вирізняються збалансованою онтогенетичною структурою щодо представленості догенеративних та генеративних рослин і, у підсумку, – для них характерне переважання інвазійних процесів при належності популяцій до молодих, перехідних та зрілих. Окрім того, рослини із популяцій зазначених екосистем характеризуються найвищою життєвістю, а популяції – найвищими значеннями індексу якості Q (на рівні 0,2333, 0,2667 та 0,3000). Інформація щодо комплексного популяційного еколого-ценотичного оптимуму для *S. holostea* узагальнена в таблиці 4.25.

Таблиця 4.24.

Комплексна характеристика стану популяцій *Stellaria holostea* у різних лісових екосистемах

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Популяційна щільність, шт./м ²	Індекс генеративності, %	Індекс відновлюваності, %	Онтогенетичний тип популяції	Індекс якості Q
2 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i>	2,2±2,22	60,0	40,0	зріюча	0,2500
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	20,9±5,73	74,47	19,15	зріла	0,2167
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Prunus cerasus</i> – <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	33,3±7,30	73,33	10,67	зріла	0,3000
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	50,7±19,00	34,21	65,79	молода	0,2333
8 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Stellaria holostea</i> + <i>Asarum europaeum</i> + <i>Galium intermedium</i> + <i>Viola hirta</i>	24,0±10,22	75,93	0,00	старіюча	0,2500
9*	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	19,6±8,58	40,91	45,45	перехідна	0,2667

Таблиця 4.25.

Параметри еколого-ценотичного оптимум для комплексу провідних популяційних ознак *Stellaria holostea* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Освітленість	767; 2903-2959 Лк
Кислотність ґрунту	pH = 5,08; 6,77; 7,73
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,5-19,8; 28,4%
Вік деревостанів	107-118; 156 років
Вологість ґрунту	31,9; 37,5; 42,41%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси чи букові ліси із співдомінуванням <i>Prunus cerasus</i> або <i>Acer pseudoplatanus</i>
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	65–90%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	45–50%.
Лісокористування	Ліси, у яких запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент або праліси

Виділені нами показники оптимуму за низкою екочинників (освітленістю, рН ґрунту та його вологістю, вмісту у ґрунті органічних речовин, віку деревостану) мають дискретний, а не континуальний ряд показників. На нашу думку, це вказує на те, що у визначенні стану популяції *S. holostea* важливу роль відіграють не лише абсолютні значення екочинників, а й взаємодія екочинників між собою. Це було наочно продемонстровано нами за результатами розробки тривимірних моделей формування показників індексу якості Q на тлі взаємодії екочинників.

За матеріалами розділу 4 авторкою дисертації опубліковано 1 праця (Yaroshenko, Skliar, Rosenthal, 2023).

РОЗДІЛ 5

СТАН, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЙ *LATHYRUS VERNUS* У ГЕТТІНГЕНСЬКОМУ ЛІСІ

5.1. Стан популяційних полів *Lathyrus vernus*

Вивчення провідних ознак популяційних полів *Lathyrus vernus* показало, що вони мають суттєві варіації: значення площі популяційного поля – від 44,0 до 311,0 м²; значення популяційної щільності - від 0,9 до 30,2 шт./м² (табл. 5.1). Вищими показниками площі популяційного поля (311 м²) відрізнялися популяції, які зростали під наметом буково-ясеневих лісів (рис. 5.1), а найбільші значення популяційної щільності (30,2 шт./м²) було зафіксовано в екосистемах, де монодомінантом ярусу деревостану є *Fagus sylvatica*. Досить високі значення популяційної щільності (15,1 шт./м²) зареєстровано й під наметом букових лісів, де співдомінантом є *Acer pseudoplatanus* (рис. 5.2.).

Найменші показники площі популяційного поля (44,0 м²) та популяційної щільності (0,9 шт./м²) зареєстровано в угрупованні *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*, що представляє групу середньовікових лісів, у яких реалізується увесь комплекс заходів із ведення лісового господарства, у т. ч. заготівля деревини. Найбільші значення площі популяційного поля та популяційної щільності припадають на угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* та угруповання *Fagus sylvatica* - *Lathyrus vernus* + *Anemone nemorosa* + *Viola hirta*, відповідно, що репрезентують групу стиглих та перестійних лісів, у межах яких започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент.

Праліси з угрупованням *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* та перестійні ліси з угрупованням *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* виявилися подібними за цими показниками: у них площа популяційного поля становлять 267 м². Подібність розміру популяційного поля (площа 222 м²) зареєстрована також у перестійних

лісах (угруповання *Fagus sylvatica* - *Lathyrus vernus* + *Anemone nemorosa* + *Viola hirta* та *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) (табл. 5.1).

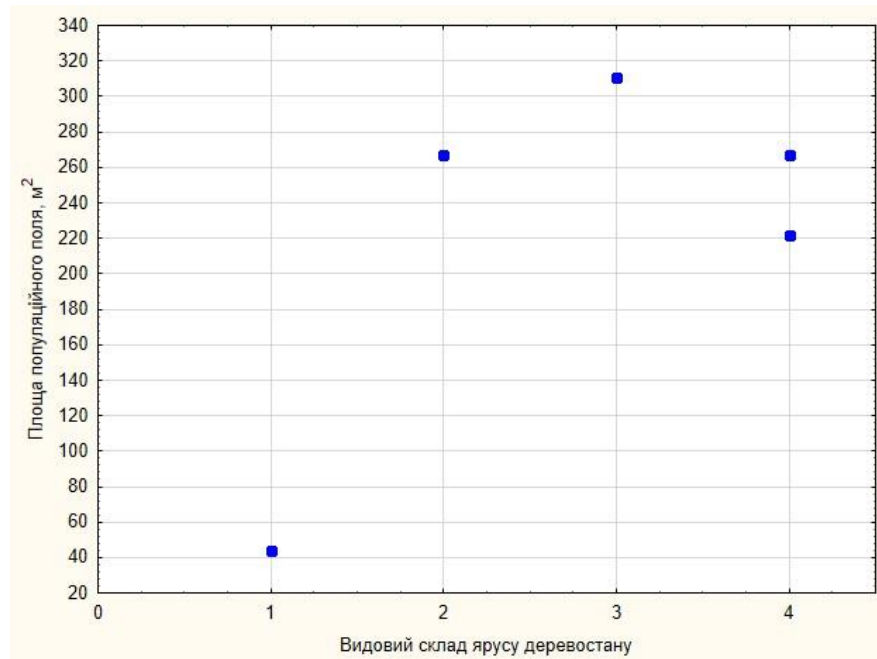


Рисунок 5.1. Показники площі популяційного поля *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану. Тут та на рис. 5.2. номерами позначено наступні варіанти видового складу:

1. *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides*; 2. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*;
3. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 4. *Fagus sylvatica*

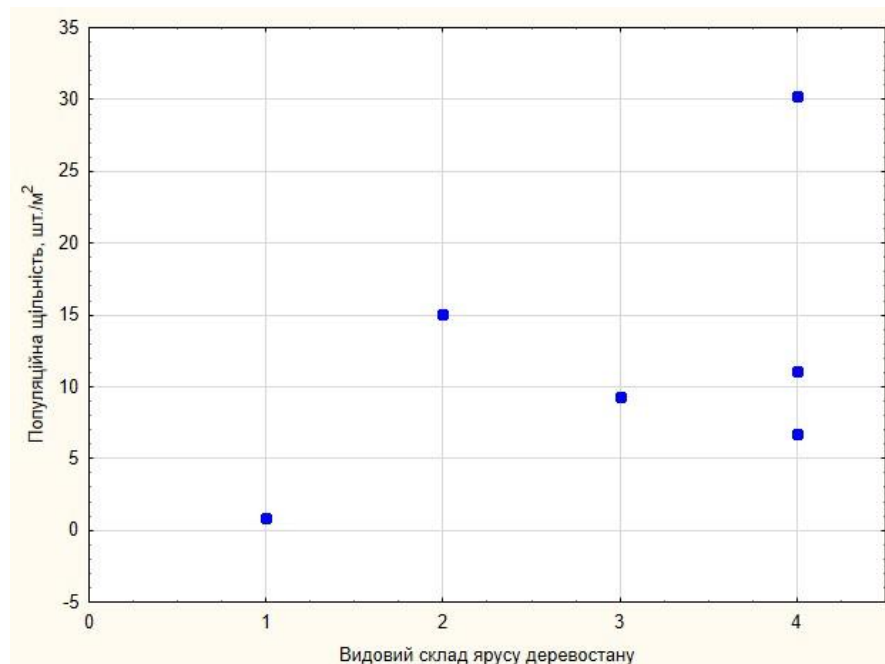


Рисунок 5.2. Показники популяційної щільності *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану.

Таблиця 5.1.

Характеристики популяційних полів *Lathyrus vernus* у різних лісових екосистемах

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану (років) та вікова група	Розмір популяційного поля, м ²	Популяційна щільність, шт./м ²	Просторова структура	
					відношення δ^2 / \bar{x}^-	розміщення
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55 (середньовіковий)	44	0,9±0,9	4,50	групове
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	311	9,3±2,2	2,32	групове
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	107 (перестійний)	222	30,2±10,7	6,51	групове
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	267	15,1±5,3	4,27	групове
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	133 (перестійний)	222	6,7±3,4	2,50	групове
9*	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	267	11,1±3,3	2,08	групове

За результатами аналізу розміщення рослин у межах популяційного поля встановлено, що в усіх екосистемах співвідношення дисперсії і середньої кількості особин *L. vernus* є більшим одиниці, що вказує на те, що просторове розміщення рослин у популяціях відповідає груповому типу (табл. 5.1).

У загальному має місце тенденція до збільшення площі популяційних полів від екосистем середньовікових лісів, де здійснюються лісгосподарські заходи, до пралісів, у яких запроваджено природоохоронний режим (рис. 5.3.). Вказана особливість проявилась і стосовно показника популяційної щільності (рис. 5.4.). Також зареєстрована тенденція (при $r=0,40$) до збільшення площі популяційних полів *Lathyrus vernus* при зростанні популяційної щільності.

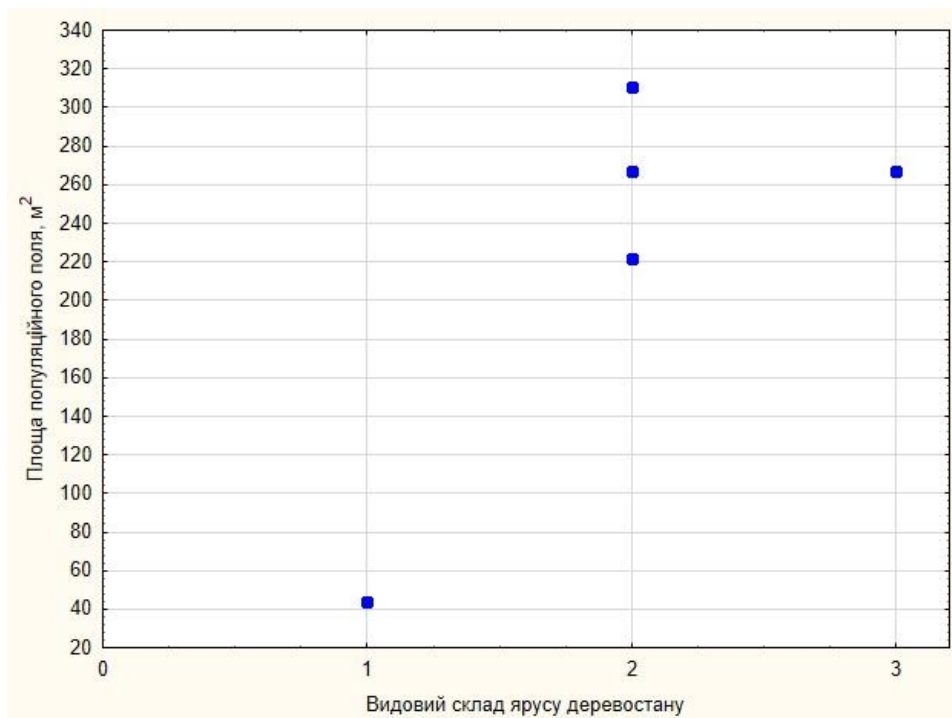


Рисунок 5.3. Зміна площі популяційних полів *Lathyrus vernus* на тлі різних форм лісокористування (тут і на рис. 5.4. позначено: 1 – середньовікові ліси, в яких здійснюється лісозаготівля; 2 – стиглі та перестиглі ліси, де запроваджено лісгосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліси, де запроваджено природоохоронний режим)

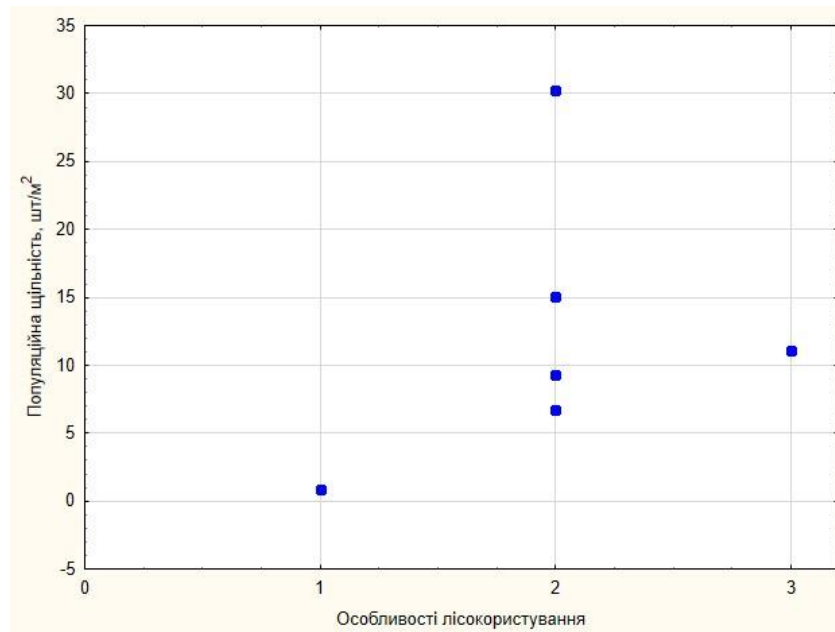


Рисунок 5.4. Зміна показників популяційної щільності *Lathyrus vernus* на тлі різних форм лісокористування

Аналіз впливу на провідні ознаки популяційних полів *L. vernus* абіотичних екоцифників був здійснений на основі застосування кореляційного аналізу (табл. 5.2). Встановлено тісну обернену залежність між величиною популяційного поля та рівнем освітленості під наметом лісу ($r = -0,949714$), значеннями популяційної щільності та вологістю ґрунту ($r = -0,857080$) (рис. 5.5, 5.6.). Встановлено, що зростання площ популяційних полів ($r = 0,70313$) у *L. vernus* відбувається при збільшенні віку ярусу деревостану (рис. 5.7).

Таблиця 5.2

Результати кореляційного аналізу для популяцій *Lathyrus vernus*

Ознаки	Розмір популяційного поля, м ²	Популяційна щільність, шт. /м ²
	значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r)	
Вік деревостану, років	0,703130	0,260342
Освітленість, Лк	-0,949714*	-0,654041
Вологість ґрунту, %	-0,496180	-0,857080*
Кислотність (рН) ґрунту	-0,496034	0,245866
Вміст органічної речовини у ґрунті, %	-0,765084	-0,613251

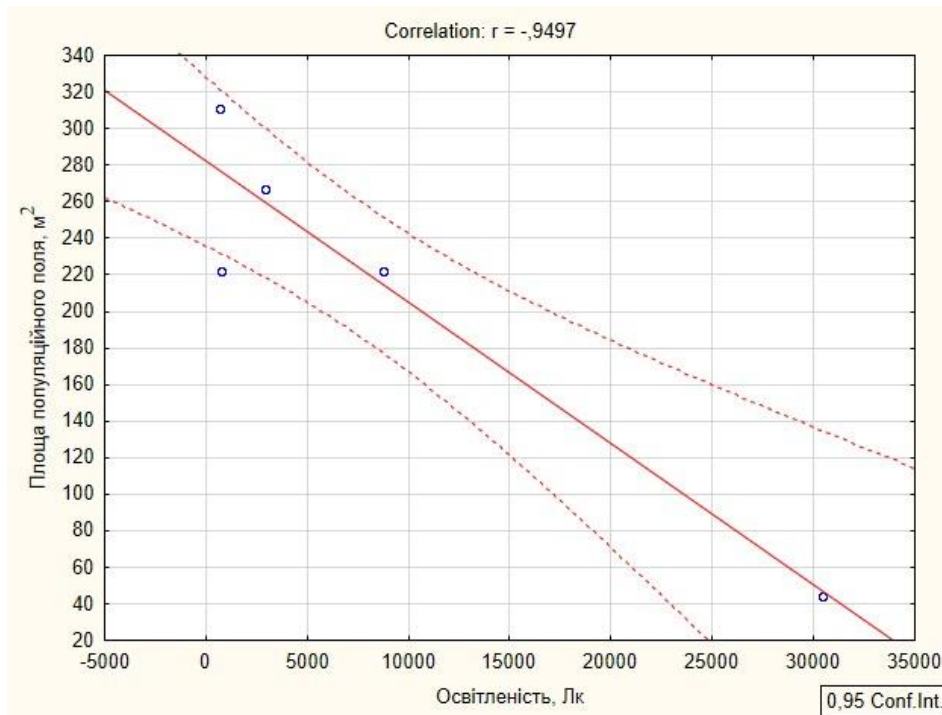


Рисунок 5.5. Зміна площі популяційних полів *Lathyrus vernus* на тлі різної освітленості під наметом лісу

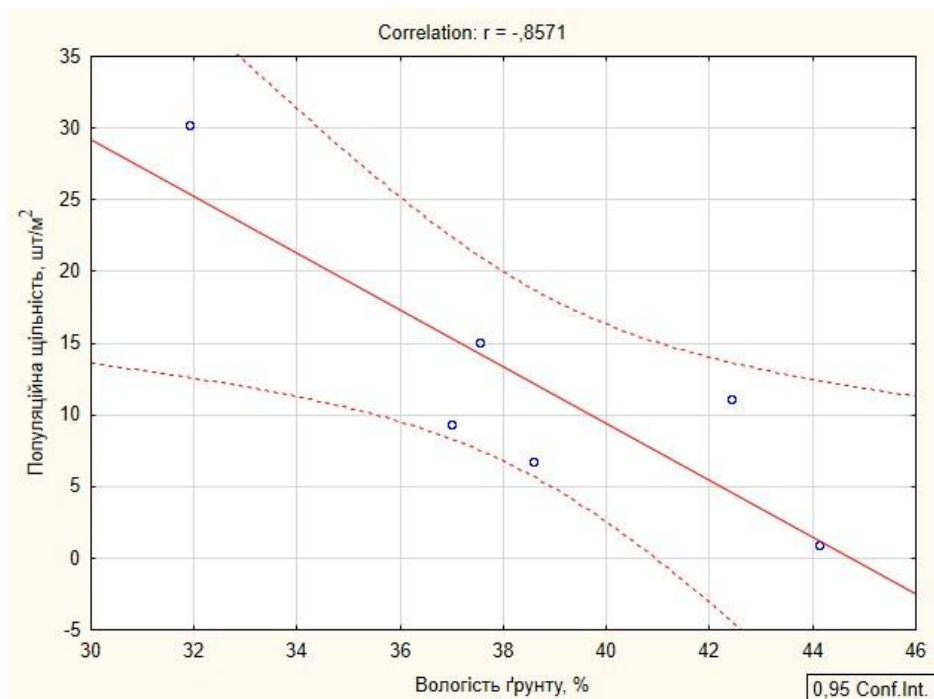


Рисунок 5.6. Зміна популяційної щільності *Lathyrus vernus* на тлі різної вологості ґрунту

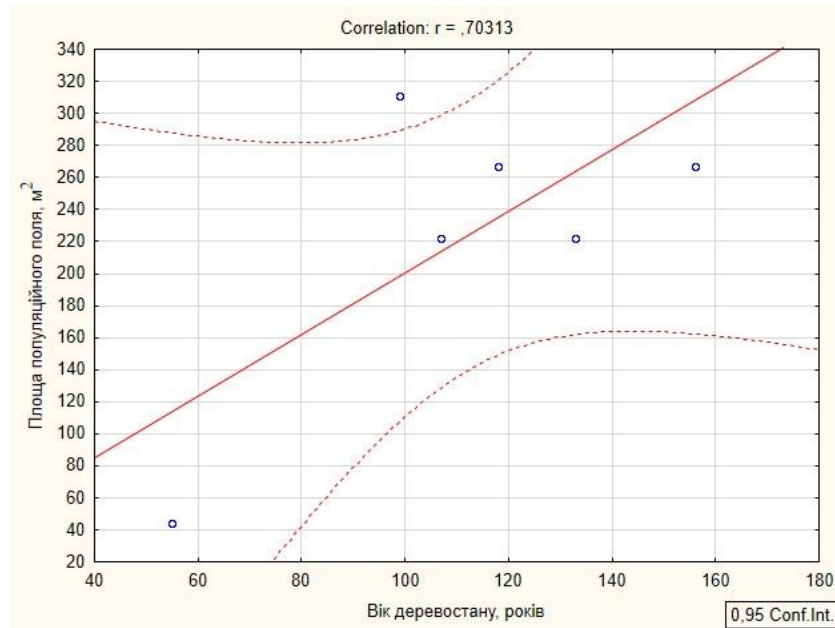


Рисунок 5.7. Зміна площі популяційних полів *Lathyrus vernus* на тлі різного віку деревостану

Значно нижчими виявились кореляційні показники, які характеризують взаємозв'язки популяційної щільності з віком деревостану ($r=0,260342$) та з рН ґрунту ($r=0,245866$). Проте, лише вказані екочинники (вік деревостану та рН ґрунту) позитивно впливають на значення популяційної щільності *L. vernus* (рис. 5.8.; 5.9.).

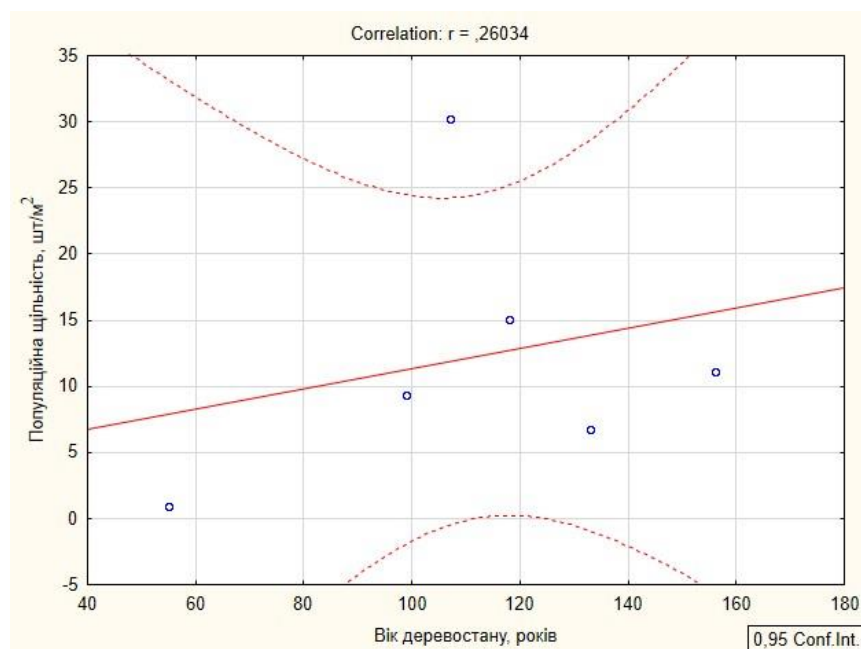


Рисунок 5.8. Зміна популяційної щільності *Lathyrus vernus* на тлі різного віку ярусу деревостану

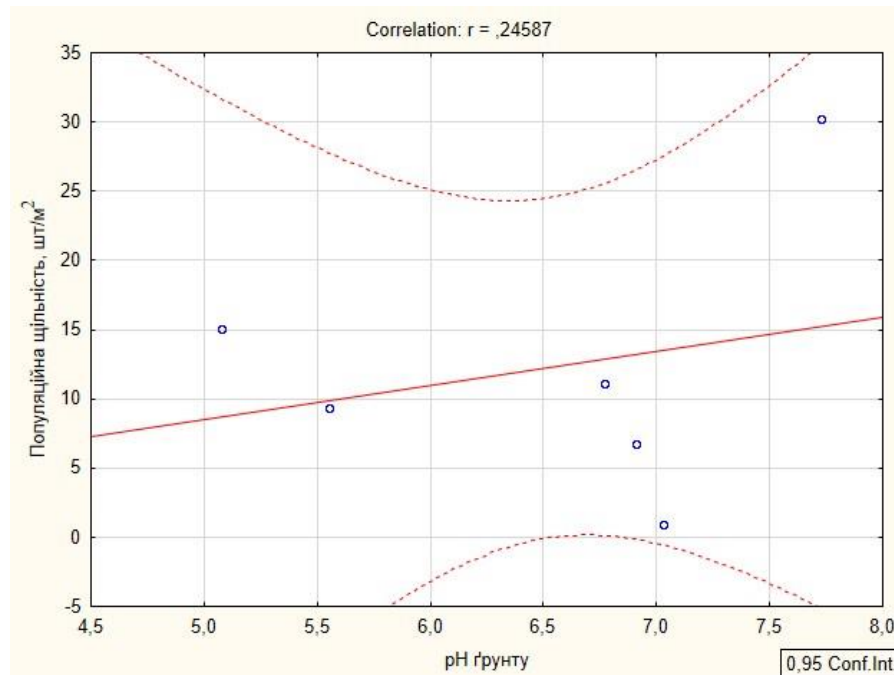


Рисунок 5.9. Зміна популяційної щільності *Lathyrus vernus* на тлі різної кислотності (pH) ґрунту

Стосовно впливу інших абіотичних екоциників (вологості та кислотності (pH) ґрунту, вмісту у ньому органічної речовини) - встановлено, що зростання їх показників, навпаки, призводить до зменшення розміру площі популяційного поля.

При аналізі ценотичних взаємодій, встановлено, що у *L. vernus* найвищі значення популяційної щільності ($30,2 \pm 10,7$ шт./м²) припадають на ценози із домінуванням *Lathyrus vernus*, і де співдомінантами є *Anemone nemorosa* та *Viola hirta*. Найнижчі показники популяційної щільності ($0,9 \pm 0,9$ шт./м²) виявлено в угрупованнях із домінуванням *Allium ursinum*, де співдомінантами є *Anemone nemorosa* та *Euphorbia amygdaloide*.

В екосистемах, де домінантом ярусу трав є *Anemone nemorosa*, має місце варіювання показників популяційної щільності у досить широкому діапазоні. При цьому найвищі значення ($15,1 \pm 5,3$ шт./м²) зареєстровано в угрупованнях, де співдомінантом *Anemone nemorosa* є *Asarum europaeum*, а найнижчі ($6,7 \pm 3,4$ шт./м²), де вона співдомінує з *Lathyrus vernus* (рис. 5.10.).

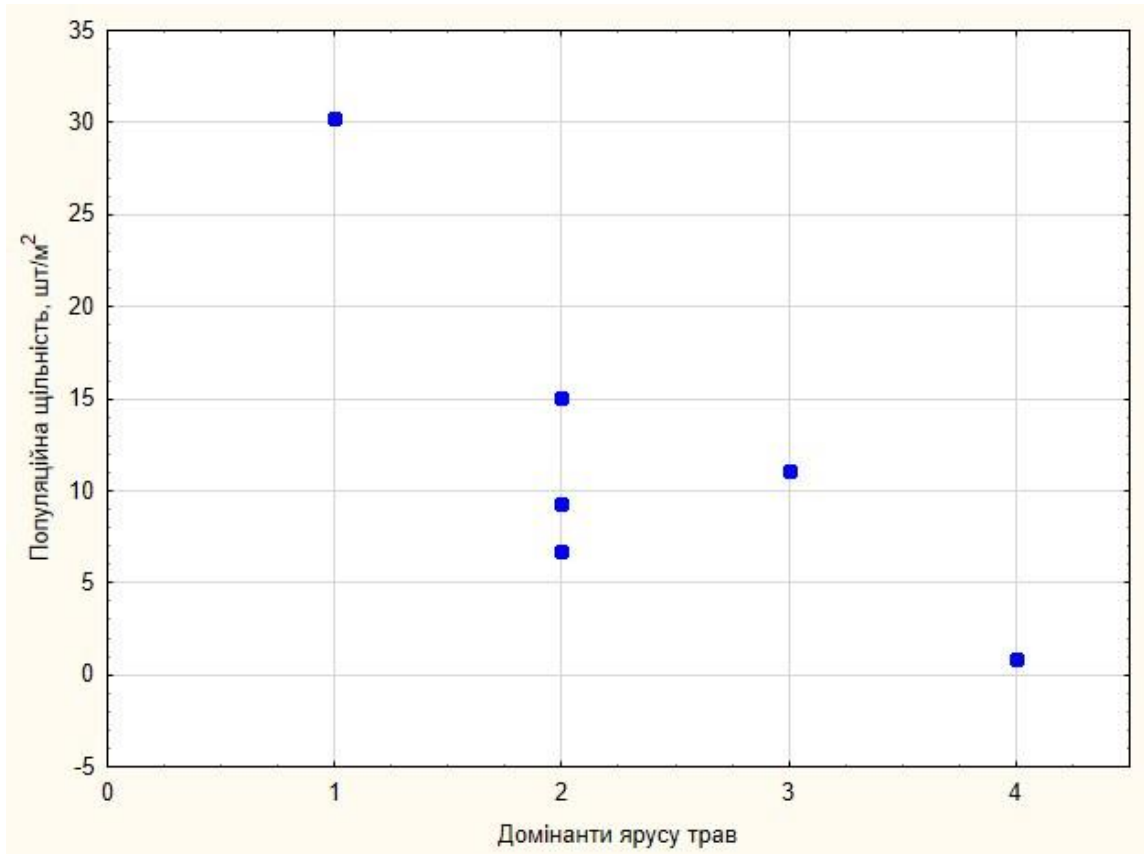


Рисунок 5.10. Показники популяційної щільності *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Lathyrus vernus*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*; 4. *Allium ursinum*

Ознаки популяційних полів *L. vernus* в Геттінгенському лісі формуються на тлі складної системи еколого-ценотичних взаємодій, що виражені більшою чи меншою мірою. Узагальнення наявних даних про ознаки популяційних полів *L. vernus* було здійснене на основі застосування кластерного аналізу (рис. 5.11.).

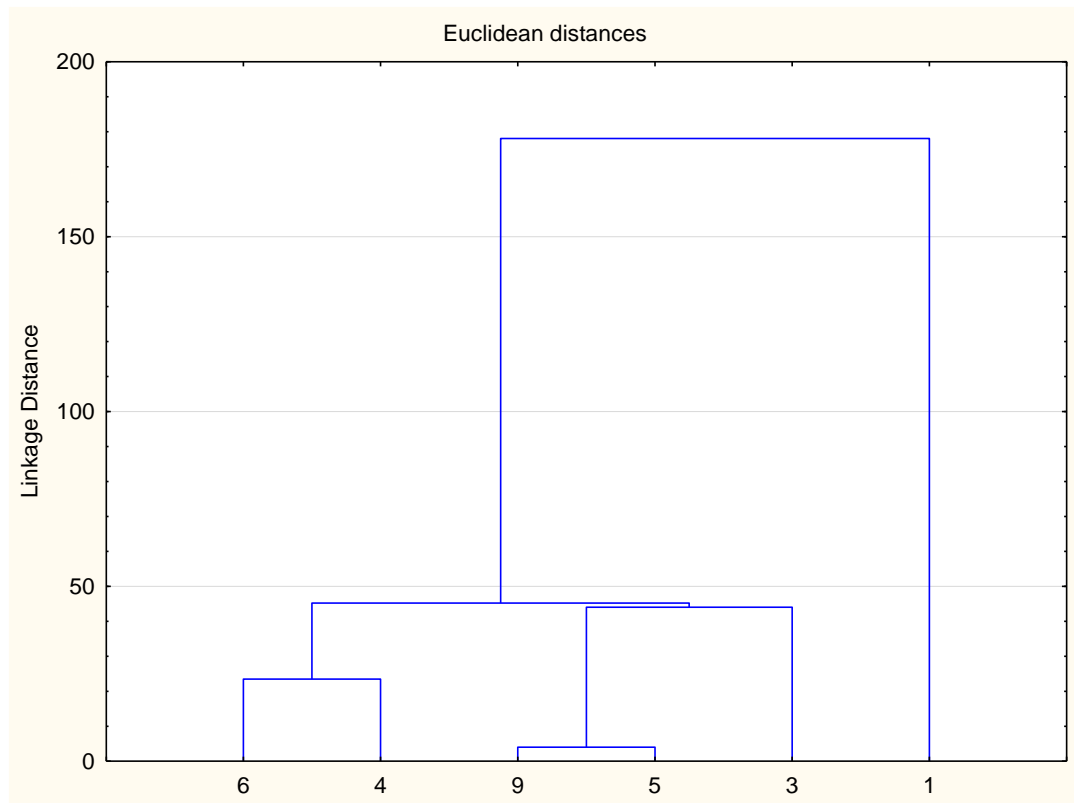


Рисунок 5.11. Результати кластерного аналізу популяцій *Lathyrus vernus* за комплексом ознак популяційного поля (№№1-9, нумерація екосистем відповідно табл. 5.1).

Аналіз об'єктивно засвідчив високий рівень подібності популяцій із угруповань *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta* (екосистема №4) та *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus* (екосистема №6). Склад даного кластеру значною мірою демонструє формування показників популяційних полів як інтегральної характеристики на тлі системи еколого-ценотичних (включаючи антропогенний чинник) впливів.

Продемонстрували найвищий рівень подібності популяції із угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* (екосистема пралісу №9) і угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* (екосистема перестійного лісу №5) та наближеність до них популяції із угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* (екосистема №3).

Окрім того, наочно продемонстровано високий ступінь своєрідності за комплексом ознак популяційного поля популяції із угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides* (екосистема середньовікового лісу №1). На нашу думку цьому значною мірою сприяла така особливість зазначеної екосистеми, як найбільша освітленість під наметом лісу (30409 Лк проти 671 - 8778 Лк в інших місцезростаннях).

Різноплановий аналіз ознак популяційних полів *L. vernus* дозволив для показника популяційної щільності виявити низку характеристик, які відповідають параметрам еколого-ценотичного оптимуму (табл. 5.3.).

Таблиця 5.3

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для показників популяційної щільності *Lathyrus vernus* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність (рН) ґрунту	рН = 6,9
Вміст органічних речовин у ґрунті	19,8
Вік деревостанів	107-118 років
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	70%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	10%

5.2. Онтогенетична структура популяцій *Lathyrus vernus*

Усі досліджуваним популяціям *Lathyrus vernus* притаманні неповні онтогенетичні спектри (табл. 5.4.). Найбільш повний спектр має популяція із екосистеми №5 перестійного лісу (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*). У її складі представлені рослини усіх онтогенетичних станів, окрім проростків і ювенільних.

Таблиця 5.4.

Онтогенетична структура популяцій *Lathyrus vernus*

Онтогенетичні стани	Досліджувані екосистеми ¹ та частка (у %) в них рослин різних онтогенетичних станів					
	№1 ⁺	№3 [»]	№4 [»]	№5 [»]	№6 [»]	№9 [*]
p	0	0	0	0	0	0
j	0	0	0	0	0	0
im	0	9,52	0	5,88	6,67	8,00
v	50,00	9,52	10,29	2,94	53,33	12,00
g ¹	50,00	19,05	20,59	8,82	33,33	16,00
g ²	0	42,86	44,12	44,13	0	48,00
g ³	0	0	25,00	29,41	0	0
ss	0	4,76	0	2,94	6,67	4,00
s	0	14,29	0	5,88	0	12,00
Разом	100	100	100	100	100	100

Примітка: тут далі в таблицях нумерація екосистем відповідає таблиці 5.1.

Найменш повними онтогенетичними спектрами вирізняється популяція із екосистеми №1 середньовікового лісу (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*), де представлені лише віргінільні та молоді генеративні рослини.

Дещо повнішими були онтогенетичні спектри популяцій із екосистем перестійного лісу (№4, угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) – присутні віргінільні і генеративні рослини та угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus* (екосистема №6) – присутні іматурні, віргінільні, молоді генеративні та субсенільні рослини. Ще повнішими виявились онтогенетичні спектри популяцій *Lathyrus vernus* із екосистем стиглого лісу (№3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) та пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) – у обох з них відсутні лише проростки, ювенільні та старі генеративні рослини.

Загалом широка представленість популяцій, де відсутні рослини наймолодших онтогенетичних станів (проростки, ювенільні), вказує на ускладненість відновлювального процесу в популяціях *L. vernus*.

Лівосторонній онтогенетичний спектр, який вказує на сприятливі умови для відновлювального процесу, спостерігається лише в екосистемі №6 перестійного лісу (угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*), де сумарна частка догенеративних рослин становить 60% і переважає частку генеративних. Екосистема №1 середньовікового лісу (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) має 50% віргінільних і 50% молодих генеративних особин, тому онтогенетичний спектр тут є центрованим.

Усі інші чотири екосистеми також мають центровані спектри, які відзначаються високою часткою генеративних особин: екосистема №3 – 61,9%; №4 – 89,7%; №5 – 82,4%; №9 – 64,0%. Дані екосистеми характеризуються слабо-вираженими відновлювальними процесами.

Окрім того, популяції екосистем стиглого лісу (№3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) та пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) мають значну частку субсенільних і сенільних рослин (19,0% і 16,0%, відповідно), що свідчить про прояв тенденції до їх старіння при послабленні відновлювального процесу.

Специфічною особливістю екосистеми №6 перестійного лісу (угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) є значна питома вага (53,3%) віргінільних особин. Вагому частку середніх генеративних рослин (від 42,9% до 48,0%) зареєстровано в екосистемах стиглого лісу (№3), перестійного лісу (екосистеми №4, №5) та пралісу (екосистема №9) (рис. 5.12.).

Аналіз узагальнюючих онтогенетичних індексів підтверджує, що саме в екосистемі перестійного лісу №6 (угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) з лівостороннім онтогенетичним спектром популяція *L. vernus* має найвищий індекс відновлюваності (60,00%), що в 1,8 рази перевищує індекс генеративності (за І. М. Коваленком). Також у популяції із цієї екосистеми найвищі індекси відновлюваності за Л. О. Жуковою – М.В.Глотовим (0,64) та за Л.І. Воронцовою (180,0%). Дана популяція є молодою (за Л. А. Животовським), з низькими індексами старіння та віковості.

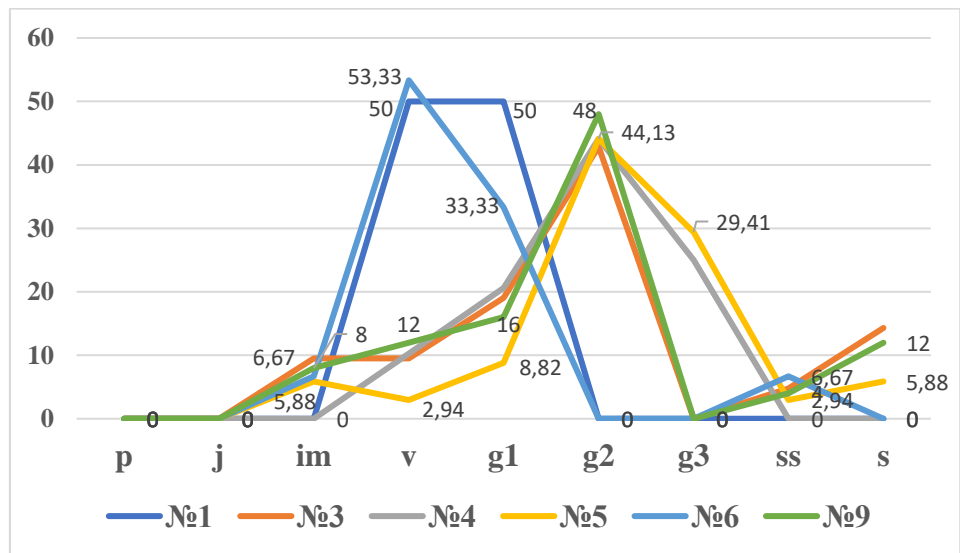


Рисунок 5.12. Онтогенетичні спектри популяцій *Lathyrus vernus* (%)

Популяція *L. vernus* в екосистемі середньовікового лісу №1 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) є молодого (за Л. А. Животовським), з високими індексами відновлюваності. В усіх інших екосистемах індекси відновлюваності популяції *L. vernus* є набагато нижчими від індексів генеративності (за І. М. Коваленком): в екосистемі №3 – у 3,2 рази; №4 – у 8,7 рази; №5 – у 9,3 рази; №9 – у 3,2 рази.

Найвищі індекси старіння та віковості у популяції *L. vernus* зареєстровано в екосистемах перестійного лісу №4 (угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) та №5 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), для яких характерне переважання деградаційних процесів.

Було визначено, що популяція *L. vernus* із екосистеми стиглого лісу №3 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) є перехідною, із екосистем перестійного лісу №4 (угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) і №5 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), а також із екосистеми пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) – зрілою (за Л. А. Животовським).

За Т.О. Работновим популяції відповідають категорії нормальна, лише екосистема №6 перестійного лісу належить до категорії інвазійна (табл. 5.5.).

Таблиця 5.5.

Онтогенетичні індекси популяцій *Lathyrus vernus*

Онтогенетичні індекси		Од. вим.	Досліджувані екосистеми					
			№1 ⁺	№3 [»]	№4 [»]	№5 [»]	№6 [»]	№9 [*]
за І.М. Коваленком	Індекс відновлюваності	%	50,00	19,05	10,29	8,82	60,00	20,00
	Індекс старіння	%	0,00	19,05	25,00	38,24	6,67	16,00
	Індекс генеративності	%	50,00	61,90	89,71	82,35	33,33	64,00
	Індекс віковості	к-т	0,00 (переважають інвазійні процеси)	1,00 (середній стан віковості)	2,43 (переважають процеси деградації)	1,33 (переважають процеси деградації)	0,11 (переважають інвазійні процеси)	0,80 (переважають інвазійні процеси)
за Л. О. Жуковою – М. В. Глотовим	Індекс відновлюваності	к-т	0,50	0,24	0,10	0,10	0,64	0,24
	Індекс старіння	к-т	0,00	0,19	0,00	0,09	0,07	0,16
	Індекс заміщення	к-т	1,00	0,24	0,11	0,10	1,50	0,25
за Л. І. Воронцовою	Індекс відновлюваності	%	100,00	30,77	11,48	10,71	180,00	31,25
за А.О. Урановим	Індекс віковості	Δ	0,19	0,46	0,47	0,55	0,22	0,45
за Л.А. Животовським	Індекс ефективності	ω	0,60	0,68	0,84	0,79	0,53	0,71
Тип популяції								
за Т.О. Работновим			нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	інвазійна	нормальна
за Л. О. Жуковою			нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна	нормальна
за Л.А. Животовським,			молода	перехідна	зріла	зріла	молода	зріла

За допомогою кореляційного аналізу вивчено вплив провідних еколого-ценотичних чинників на величини онтогенетичних індексів (табл. 5.6.). У результаті встановлено існування тісного та статистично достовірного взаємозв'язку між показником вологості ґрунту та величиною індексу віковості (за І. М. Коваленком) при r (за модулем) 0,840031.

Таблиця 5.6.

Результати кореляційного аналізу з охопленням онтогенетичних індексів

Екознаки	Індекс					
	відновлюванос ті, %	старіння, %	генеративності , %	віковості, к-т	віковості, Δ	ефективності, ω
значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона (r) ¹						
Вік деревостану, років	-0,228383	0,333155	0,045509	0,158272	0,399917	0,133458
Освітленість, Лк	0,684777	-0,726486	-0,507219	-0,668445	-0,803162	-0,566996
Вологість ґрунту, %	0,520626	-0,603623	-0,591440	-0,84003*	-0,527585	-0,604350
Кислотність (рН) ґрунту	0,340186	-0,532183	-0,120530	0,077881	-0,481999	-0,097472
Вміст органічної речовини в ґрунті, %	0,589747	-0,734085	-0,502341	-0,674262	-0,681238	-0,513185

Загалом на тлі збільшення вмісту органічної речовини та вологості ґрунту у популяції *L. vernus* відбувається зменшення індексу генеративності та зростання індексу відновлюваності (рис. 5.13.-5.16.). Зазначені взаємозв'язки чітко описуються й відповідними рівняннями регресії.

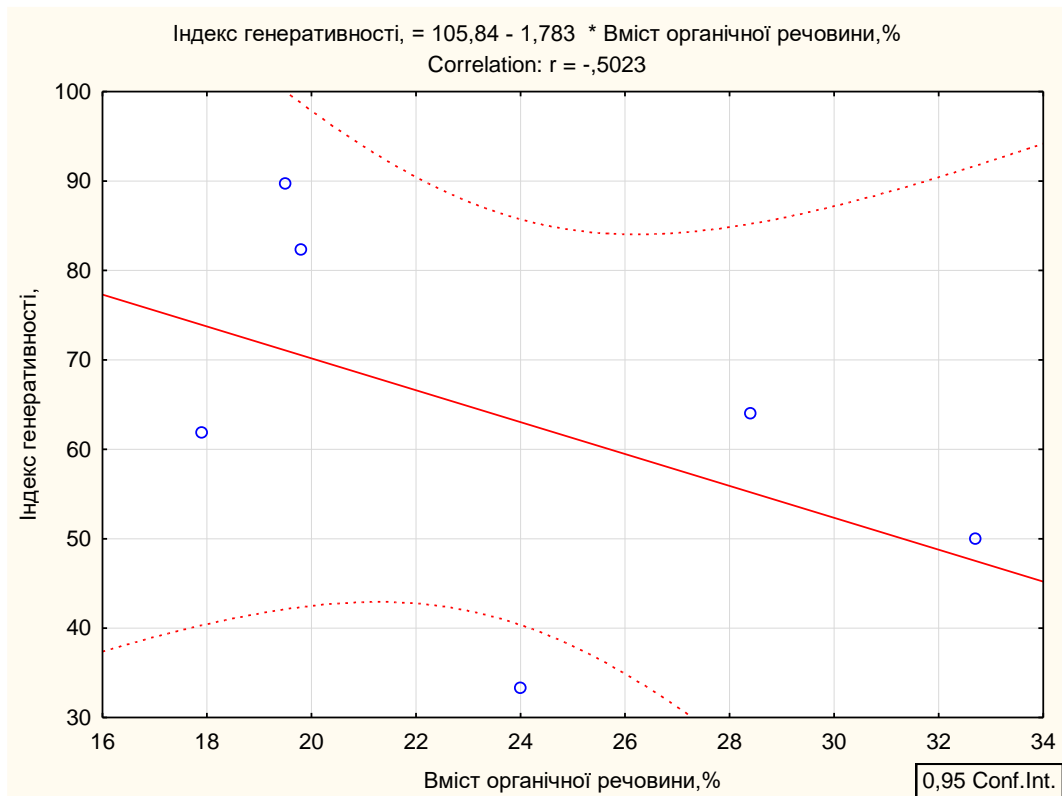


Рисунок 5.13. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* величин індексу генеративності на тлі показників вмісту органічної речовини в ґрунті

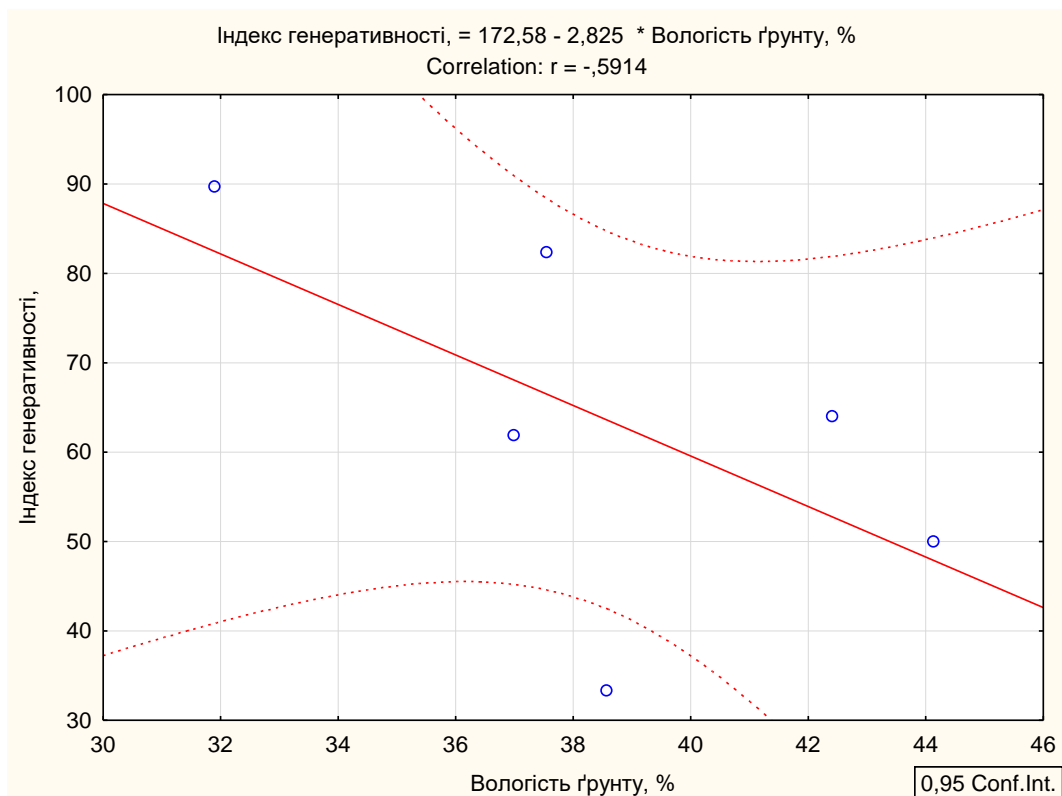


Рисунок 5.14. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* величин індексу генеративності на тлі показників вологості ґрунту

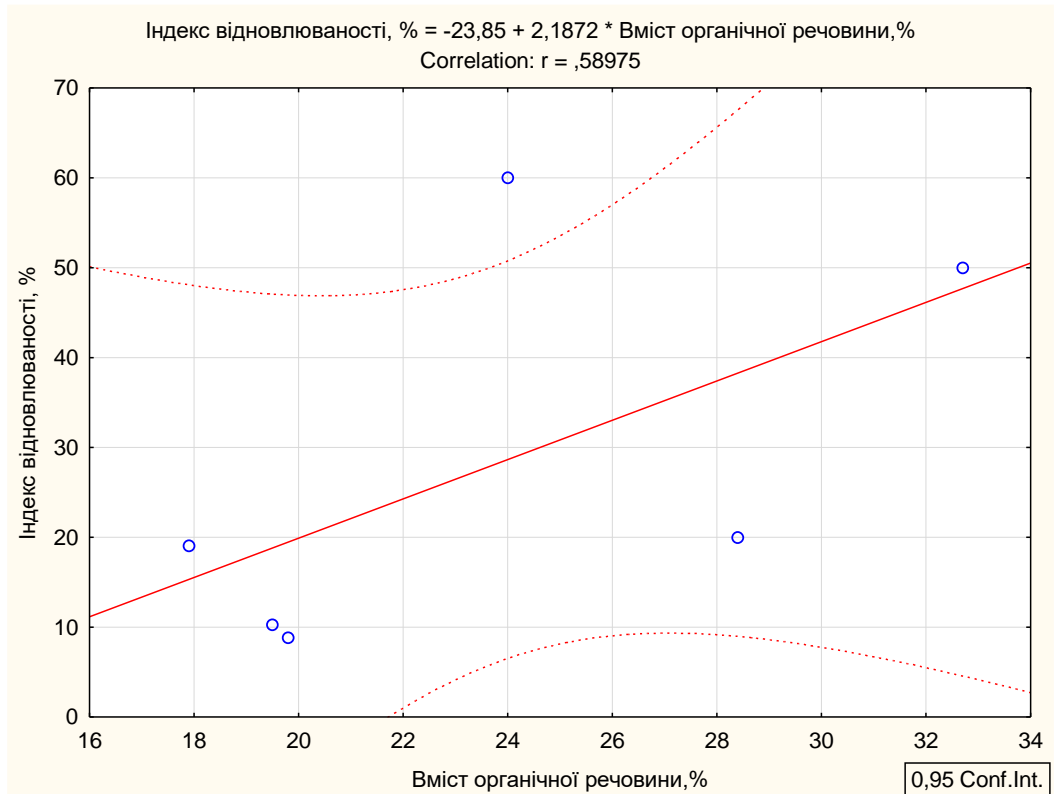


Рисунок 5.15. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* величин індексу відновлюваності на тлі показників вмісту органічної речовини в ґрунті

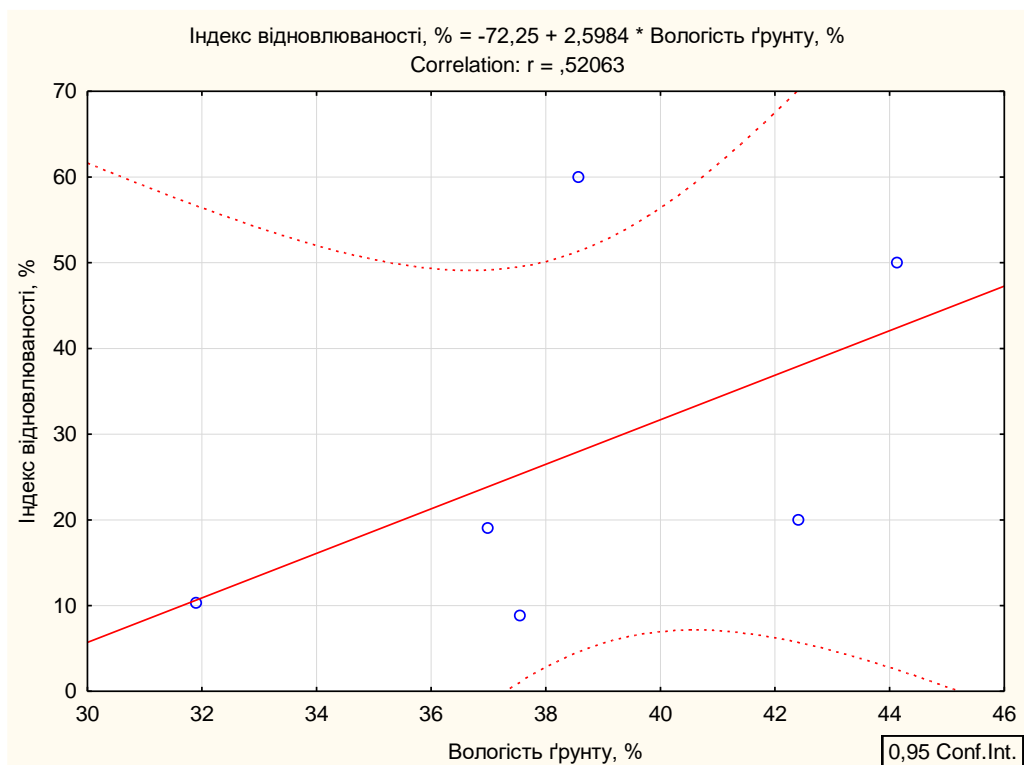


Рисунок 5.16. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* величин індексу відновлюваності на тлі показників вологості ґрунту

Досліджено взаємозв'язок між віком деревостанів та величиною індексу старіння популяцій (рис. 5.17). При цьому зареєстровано прояв тренду до різкого підвищення індексу старіння у діапазоні вікових характеристик ярусу деревостану 55-118 років, а потім його зниження в ярусі деревостану віком 118 - 156 років.

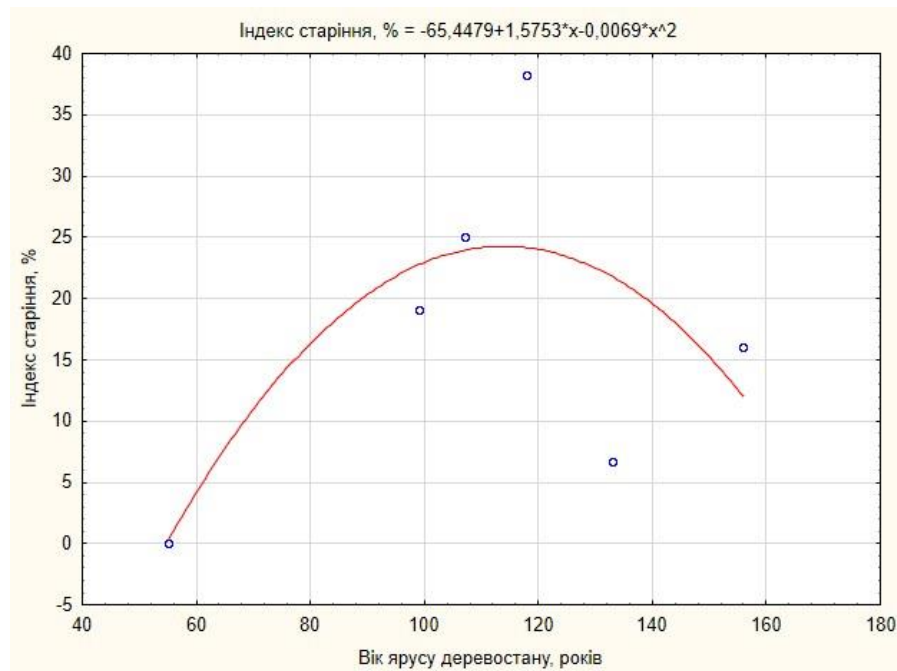


Рисунок 5.17. Зміна значень індексу старіння на тлі зміни величин віку ярусу деревостану

У значень індексів відновлюваності та генеративності проявились тренди іншого характеру. У діапазоні вікових характеристик ярусу деревостану 55-118 років значення індексу відновлюваності зменшувались, а індексу генеративності зростали (рис. 5.18, 5.19.). Далі у діапазоні вікових характеристик ярусу деревостану 118-156 років значення індексу відновлюваності, навпаки, зростали, а індексу генеративності – знижувались.

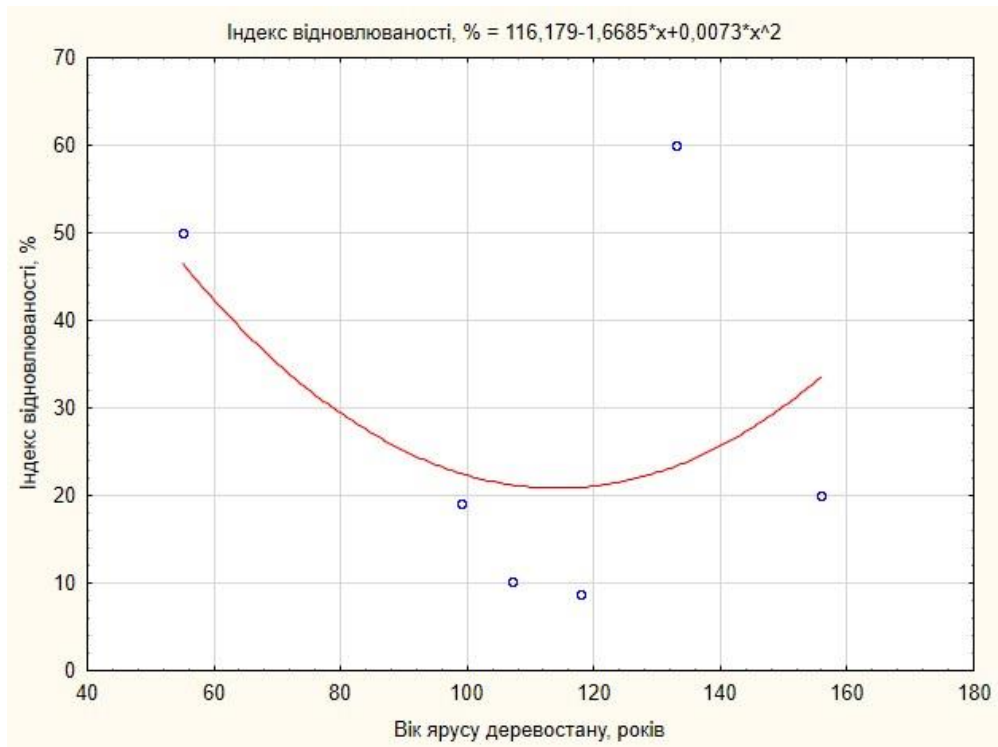


Рисунок 5.18. Зміна значень індексу відновлюваності на тлі зміни величин віку ярусу деревостану

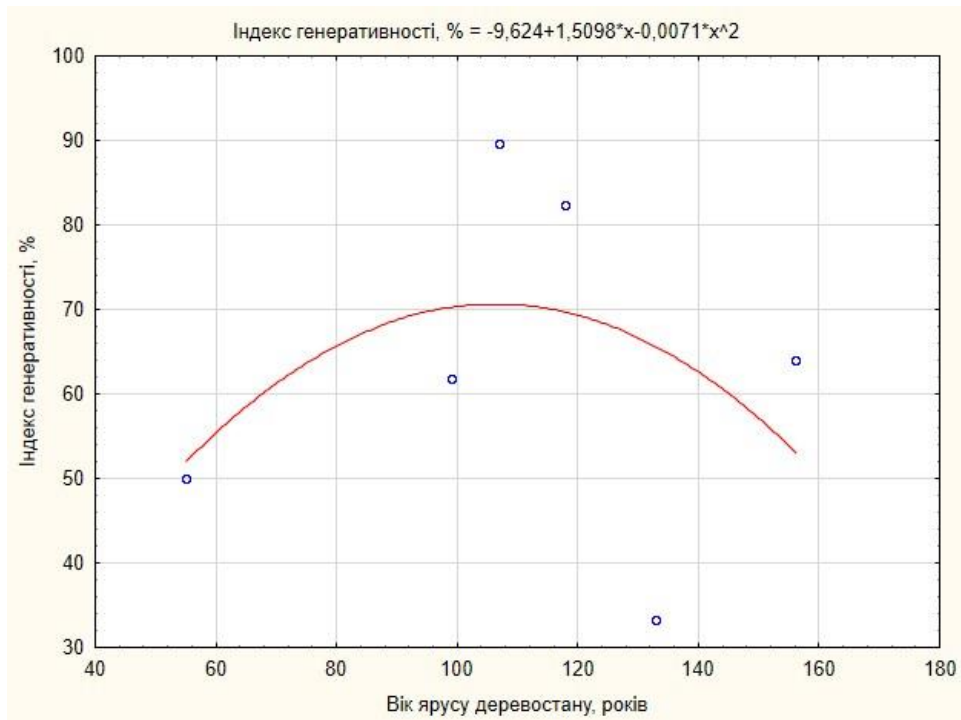


Рисунок 5.19. Зміна значень індексу генеративності на тлі зміни величин віку ярусу деревостану

Результати аналізу змін величин онтогенетичних індексів за лісовими екосистемами із різним видовим складом ярусу деревостану, зокрема, засвідчили динаміку до зменшення показників індексу відновлюваності у такому порядку: склад ярусу деревостану *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* → *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* → *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* (рис. 5.20). Навпаки, у зазначеній послідовності складу ярусу деревостану відбувалось збільшення величин індексу генеративності та індексу старіння (рис. 5.21, 5.22.).

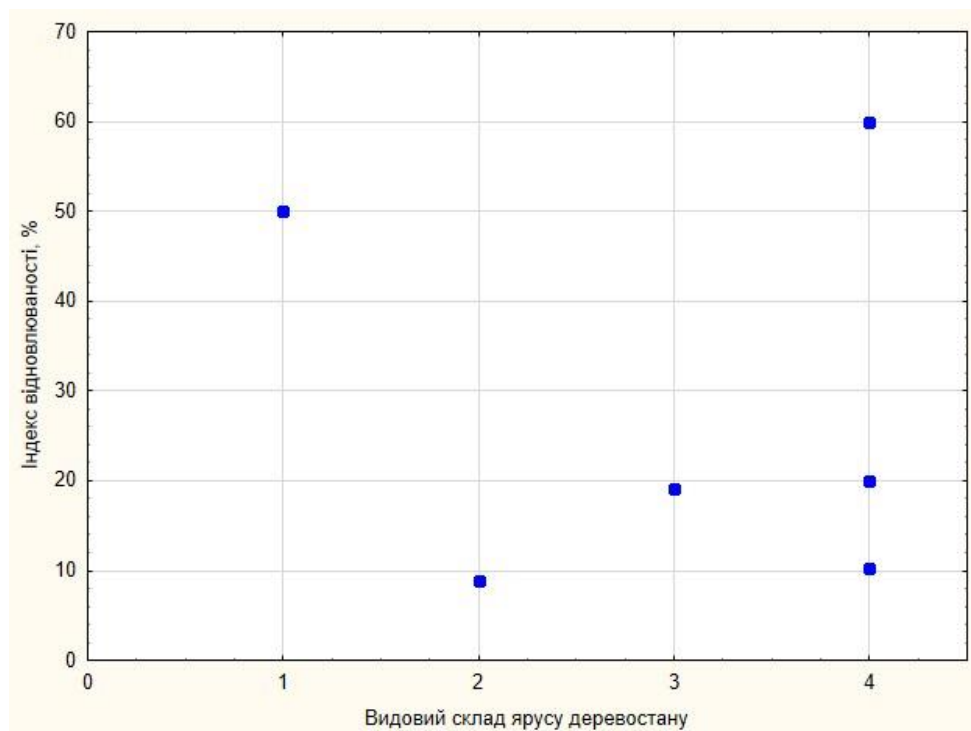


Рисунок 5.20. Показники індексу відновлюваності у популяції *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану. Тут та на рис. 5.20. і 5.21 номерами позначено наступні варіанти видового складу: 1. *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides*; 2. *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 3. *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 4. *Fagus sylvatica*

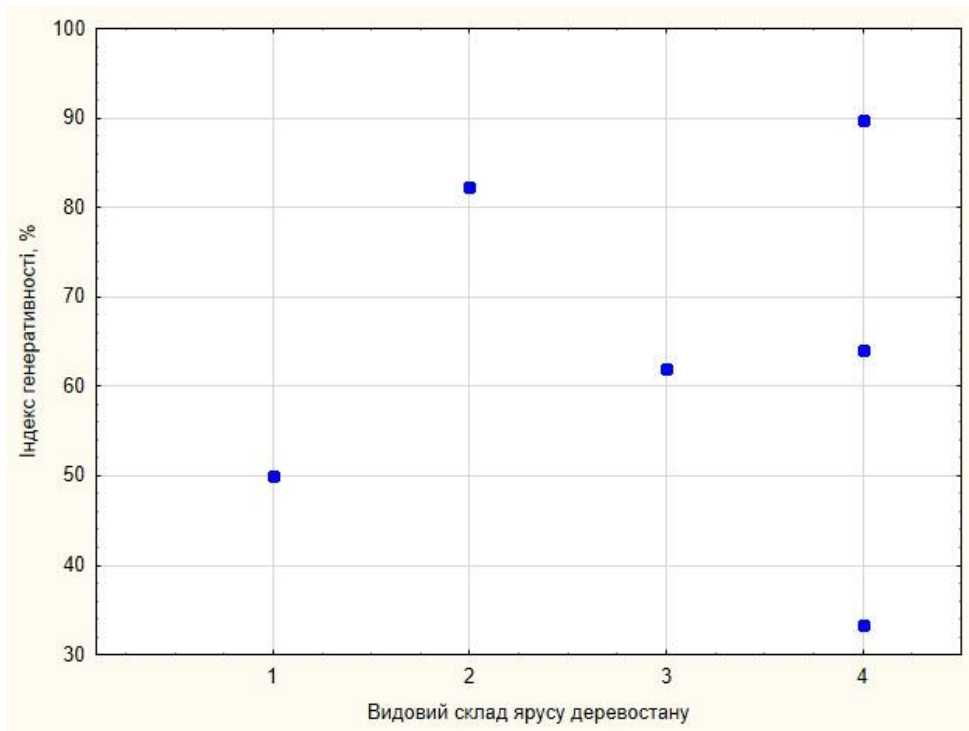


Рисунок 5.21. Показники індексу генеративності у популяції *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

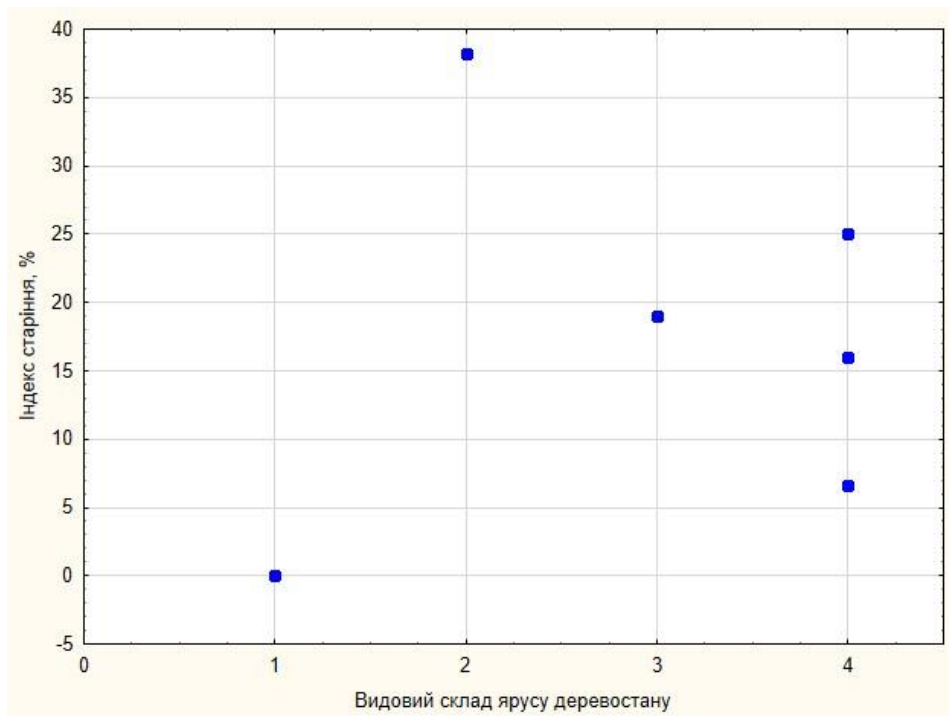
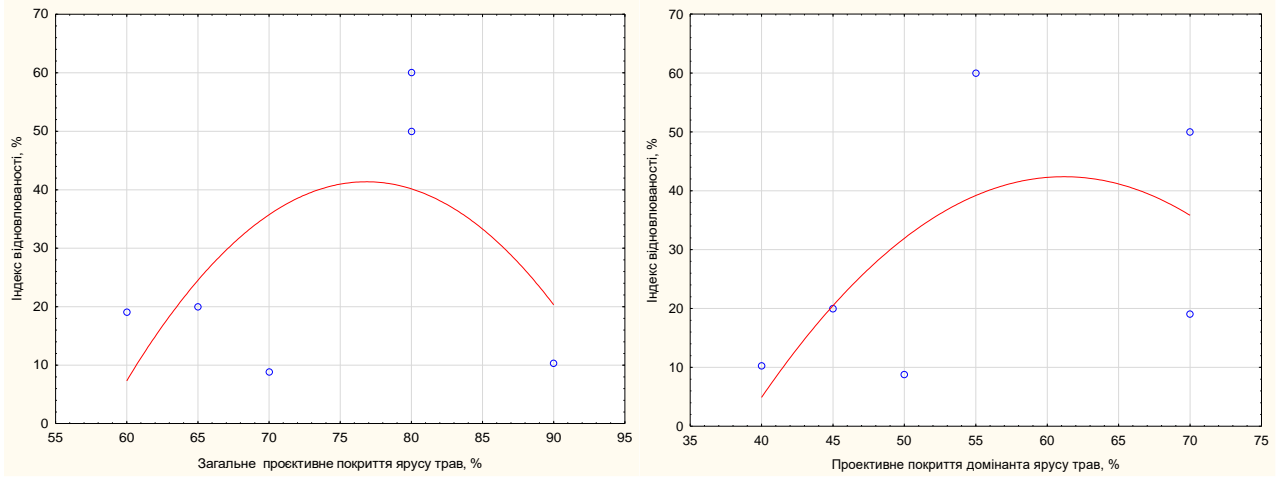


Рисунок 5.22. Показники індексу старіння у популяції *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу ярусу деревостану

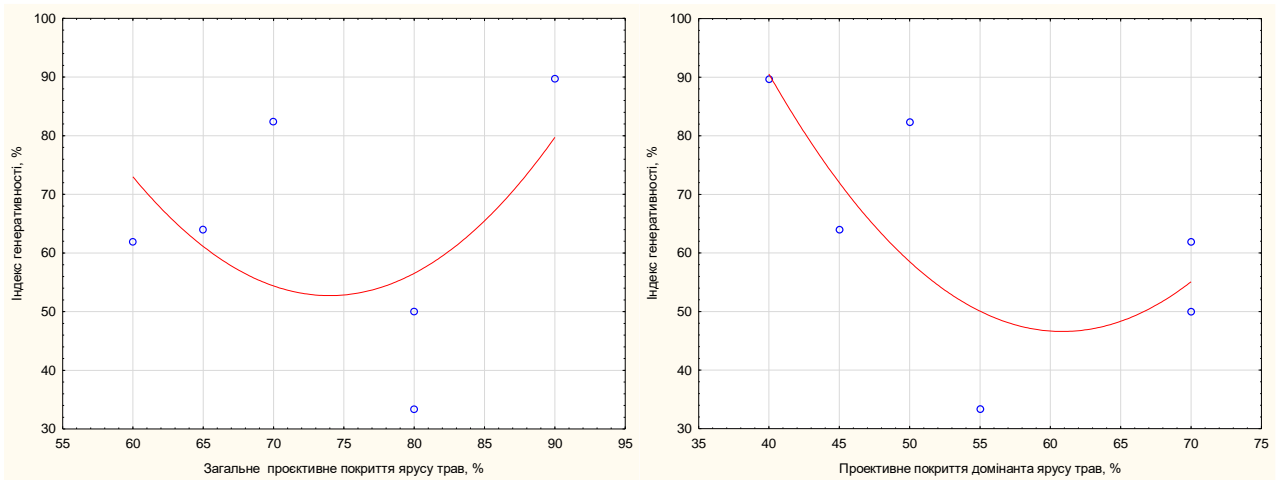
У динаміці значень онтогенетичних індексів зареєстровано чітко виражену та статистично достовірну залежність як від зміни величин загального проективного покриття ярусу трав, так і від зміни показників проективного покриття домінантів ярусу трав (рис. 5.23). У індексу відновлюваності зареєстровано тенденція до збільшення його значень при зростанні загального проективного покриття від 60 до 80% і при зростанні проективного покриття виду домінанта від 40 до 60%, а також зменшення цього індексу при подальшому зростанні проективного покриття. На зазначених градієнтах показників проективного покриття, динаміка показника індексу генеративності, порівняно із величинами індексу відновлюваності, демонструвала протилежний тренд.

Схожу тенденцію з індексом генеративності має й індекс старіння. Проте, якщо при зростанні загального проективного покриття від 60 до 80% індекс старіння знижується, а потім при подальшому зростанні загального проективного покриття від 80 до 90% підвищується, то при зростанні показників проективного покриття домінантів ярусу трав від 40 до 70% спостерігається чітка тенденція до зниження даного індексу (див. рис. 5.23.).

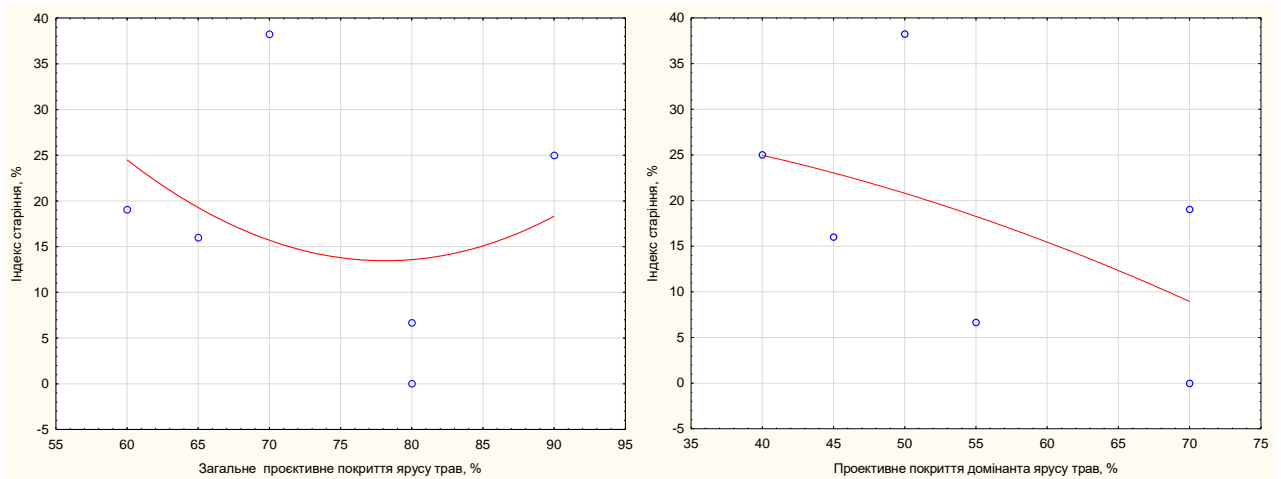
Стосовно видів домінантів (рис. 5.24-5.26) встановлено, що в екосистемах, де у ярусі трав домінує *Allium ursinum*, популяції мають значення індексу відновлюваності на рівні 50%, індексу генеративності - 50%, старіння - 0%. В екосистемах, де домінує *Anemone nemorosa*, значення індексів є такими: відновлюваності - на рівні 9-60%, генеративності: 33-90%, старіння: 7-38%. В екосистемах, де домінує *A. europaeum*, значення індексів дорівнюють: відновлюваності - 20%, генеративності - 64%, старіння - 16%. Тобто у екосистемах, де у ярусі трав домінує *Allium ursinum* однаково активно реалізуються як відновлювальні процеси із накопиченням молодих догенеративних рослин, так і формування та функціонування генеративних рослин. В екосистемах, де домінує *Anemone nemorosa*, ці процеси відбуваються ще з більшою активністю при подальшому прояву тенденції до старіння популяцій. В екосистемах із *A. europaeum* також активно реалізується процес формування генеративних рослин, а відновлювальні процеси є менш активними.



Зміна значень індексу відновлюваності у популяції *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників загального проективного покриття та покриття домінанта ярусу трав



Зміна значень індексу генеративності у популяції *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників загального проективного покриття та покриття домінанта ярусу трав



Зміна значень індексу старіння у популяції *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників загального проективного покриття та покриття домінанта ярусу трав

Рисунок 5.23. Зміна значень онтогенетичних індексів у популяції *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників загального проективного покриття та проективного покриття домінанта ярусу трав

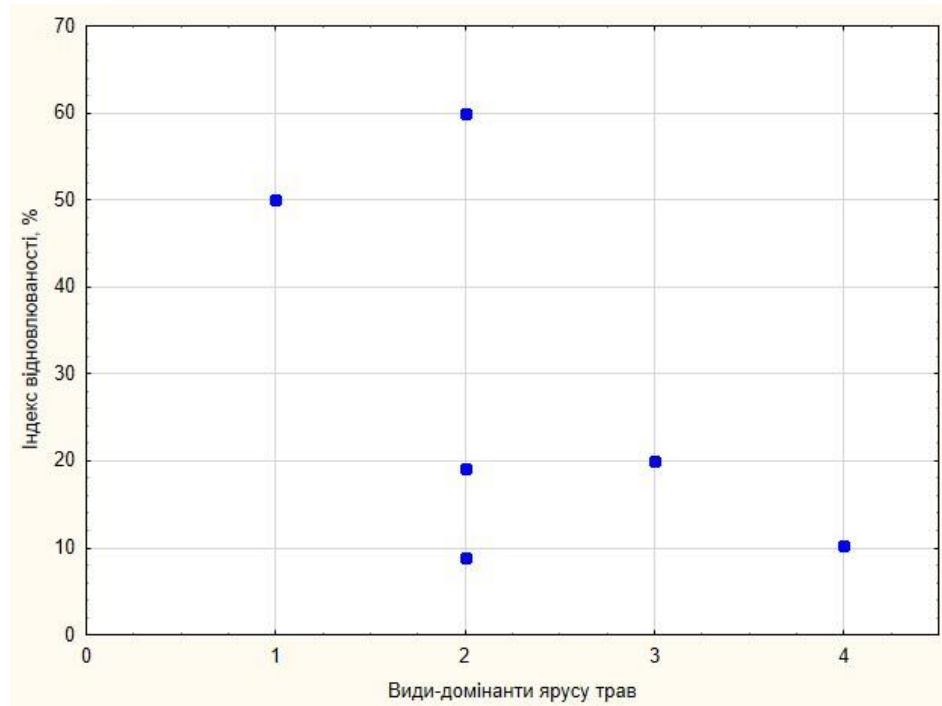


Рисунок 5.24. Показники індексу відновлюваності популяцій *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Тут та на рис. 5.24.-5.25. номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*; 4. *Lathyrus vernus*

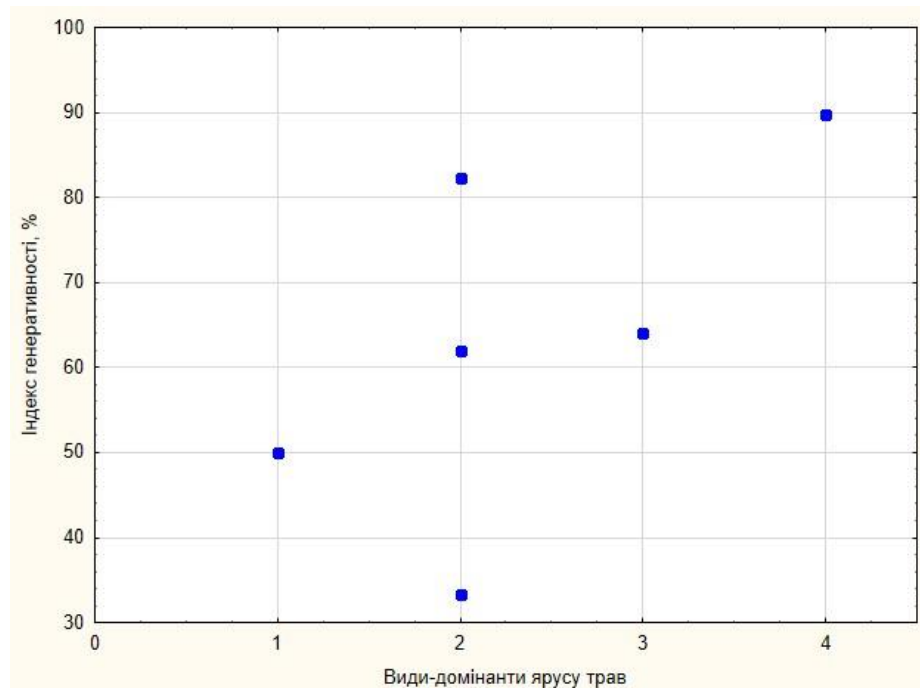


Рисунок 5.25. Показники індексу генеративності популяцій *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

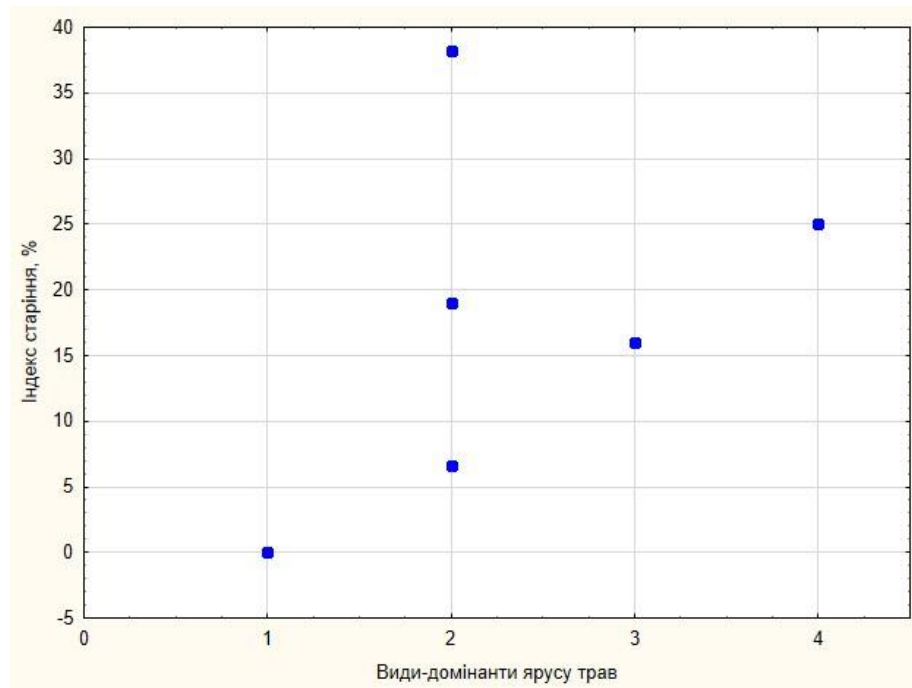


Рисунок 5.26. Показники індексу старіння популяцій *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

Вивчення онтогенетичної структури популяції засвідчило, що вона є інформативною та автономною популяційною характеристикою, яка дозволяє розкрити важливі ознаки функціонування популяцій, в основі яких лежить здатність рослин до онтогенетичного розвитку.

Як засвідчили результати кластерного аналізу в Геттінгенському лісі за комплексом величин онтогенетичних індексів найбільший рівень подібності (евклідова відстань 3,858419 од.) проявили популяції із буково-ясеневого стиглого лісу та букового пралісу (екосистеми №3 та №9) (рис. 5.26.).

Amalgamation Schedule (<i>lathyrus_vernus</i>)						
Single Linkage						
Euclidean distances						
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6
3,858419	3	9				
15,27901	4	5				
35,06964	3	9	4	5		
77,97395	1	3	9	4	5	
82,59946	1	3	9	4	5	6

Рисунок 5.27. Результати кластерного аналізу популяцій *Lathyrus vernus* за комплексом величин онтогенетичних індексів (№1-9, нумерація екосистем відповідно табл. 5.1.)

Проявили високий ступінь подібності (евклідова відстань на рівні 15,27901-35,06964) та сформували окремий кластер популяції перестійних лісів (екосистема №4, угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta* та екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*). Найбільш специфічною (при значеннях евклідової відстані 82,59946 од.) виявилась онтогенетична структура популяції із перестійного букового лісу (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*). Її своєрідність, порівняно з усіма іншими популяціями, насамперед, проявляється у значній частці (53,3%) віргінільних особин та найвищому індексі відновлюваності (60,00%), що в 1,8 рази перевищує індекс генеративності (за І. М. Коваленком).

Проведений аналіз дозволив виділити провідні ознаки еколого-ценотичного оптимуму щодо онтогенетичної структури популяцій *L. vernus* (табл. 5.7.). При цьому було акцентовану увагу на визначення умов, за яких відбувається формування популяцій *L. vernus* із порівняно високими значеннями як індексу відновлюваності, так і індексу генеративності.

Загалом аналіз параметрів популяційних полів та онтогенетичної структури популяцій показали, що найсприятливішими для популяцій *L. vernus* є умови екосистеми №6 (перестійний ліс, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*), яка характеризується сильно-вираженими відновлювальними процесами.

За зазначеними популяційними ознаками до числа найнесприятливіших належить екосистема №1 (середньовіковий ліс, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*), де у *Lathyrus vernus* зареєстрована найменша площа популяційного поля і найнижча популяційна щільність.

Таблиця 5.7.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для ознак онтогенетичної структури популяцій *Lathyrus vernus* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 5,08-7,03
Вміст органічних речовин в ґрунті	19-19,5%
Вік деревостанів	107-118 років
Вологість ґрунту	37-38,4%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> ; <i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	80%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	70%.
Домінант ярусу трав	<i>Allium ursinum</i> ; <i>Anemone nemorosa</i> може бути й <i>Lathyrus vernus</i>
Популяційна щільність	9–12 шт./м ²
Лісокористування	Ліси, у які включено в систему традиційного лісокористування або запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент

5.3. Морфоознаки рослин та популяцій *Lathyrus vernus*

Геттінгенського лісу та вплив на них еколого-ценотичних чинників

5.3.1. Ознаки розміру й морфоструктури рослин та популяцій в умовах різних екосистем

Для оцінки стану особин *Lathyrus vernus* у кожній з досліджуваних екосистем було застосовано морфометричний аналіз. Було досліджено 16 розмірних величин та проаналізовано їх середні значення (табл. 5.8.). Встановлено, що усі величини морфопараметрів статистично достовірно змінювались за досліджуваними екосистемами (при $p=0,00000$). Кожен із них проявляв значний рівень специфічності в розподілі величин за екосистемами, хоча при цьому проявлялися й певні закономірності. Так, популяція із екосистеми №6 (перестійний ліс, включений до системи лісогосподарського менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica – Anemone nemorosa+Lathyrus vernus*) вирізнялась найменшими значеннями семи (43,8%) морфопараметрів: W, Wl, h, Nl, A, al, d. У популяції із екосистеми №3 (перестійний ліс, який також включений до системи лісогосподарського менеджменту, угруповання *Fagus sylvatica+Fraxinus excelsior – Anemone nemorosa+Dentaria glandulosa*) навпаки зареєстровано найбільші значення семи морфопараметрів: W, Wl, h, A, al, d та AdR.

Був проаналізований не лише розподіл абсолютних значень морфопараметрів, а й ступінь їхнього варіювання. Встановлено, що значення коефіцієнту варіації значень морфопараметрів в популяціях загалом відповідали діапазону 18,55-75,30%, що відноситься до рівнів варіації від невеликого до дуже великого. Однак, здебільшого показники варіювання знаходились у межах 20,0-60,0%, тобто від середнього до великого (Додаток А).

За результатами аналізу значень розмірних показників встановлено, що у кожній екосистемі формуються рослини *Lathyrus vernus* із специфічною морфоструктурою.

Таблиця 5.8.

Середні значення морфопараметрів ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$) рослини *Lathyrus vernus* різних екосистем Геттінгенського лісу

Морфопараметри ¹	Популяції досліджуваних екосистем						Довірчий рівень, р ¹
	№1 ⁺	№3 [»]	№4 [»]	№5 [»]	№6 [»]	№9 [*]	
W	2,52±0,10	3,58±0,29	3,21±0,19	2,49±0,18	2,03±0,10	2,40±0,27	0,00000*
Wl	0,87±0,05	1,50±0,17	1,08±0,08	0,76±0,06	0,64±0,04	1,20±0,25	0,00000*
h	28,15±0,59	32,06±1,36	28,13±0,71	24,19±0,64	21,48±0,56	26,54±1,33	0,00000*
Wg	0,50±0,04	0,46±0,05	0,81±0,04	0,64±0,05	0,51±0,03	0,30±0,04	0,00000*
NI	35,86±0,97	36,33±0,97	41,10±1,11	36,46±1,41	33,48±1,06	34,20±2,18	0,00000*
Nfl	11,80±0,94	10,88±1,39	14,86±0,77	13,46±1,06	12,32±0,75	6,40±1,01	0,00000*
A	179,39±11,49	301,86±30,42	191,98±15,68	121,91±10,23	113,58±10,01	234,09±43,73	0,00000*
al	5,03±0,31	8,37±0,85	4,59±0,30	3,32±0,21	3,26±0,20	7,35±1,52	0,00000*
d	0,29±0,01	0,35±0,01	0,30±0,01	0,29±0,01	0,23±0,01	0,29±0,01	0,00000*
LAR	73,61±4,78	84,50±5,27	59,02±2,80	51,29±3,43	54,92±3,34	91,76±8,72	0,00000*
LWR	0,34±0,01	0,40±0,02	0,33±0,01	0,30±0,01	0,31±0,01	0,45±0,04	0,00000*
hWR	11,85±0,63	9,67±0,50	9,25±0,34	10,58±0,46	11,11±0,41	12,16±0,88	0,00000*
AdR	62,16±4,28	88,40±8,77	63,45±4,43	41,62±3,30	49,61±4,34	79,87±13,38	0,00000*
hdR	97,98±4,22	95,92±6,71	95,93±4,02	83,14±2,70	94,83±3,12	91,98±5,06	0,00000*
RE1	19,78±1,16	14,28±1,58	26,02±1,02	26,04±0,88	25,50±1,04	14,51±2,22	0,00000*
RE2	0,33±0,04	0,21±0,03	0,48±0,04	0,63±0,08	0,52±0,04	0,21±0,05	0,00000*

Примітка: ¹. В таблиці позначено:

- найбільше значення
- найменше значення

З опорою на величини морфопараметрів, доповнені побудовою діаграм (Додаток Б), було з'ясовано, що відмінною ознакою рослин із екосистеми №3 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*) є не лише найвищі значення загальної фітомаси (W), фітомаси листків (Wl), висоти (h), листкової поверхні (A), середньої площі окремого листка (al), діаметра стебла (d) та відношення листкової поверхні до діаметра стебла (AdR), а й найменші значення репродуктивного зусилля (RE1 і RE2).

Рослини із екосистеми №4 (перестійний ліс, в якому започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент, угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) вирізнялись найбільшою фітомасою генеративних органів (Wg), найбільшою кількістю листків (Nl), найбільшою кількістю квіток (Nfl) при найменших значеннях відносного приросту (hWR).

Рослини екосистеми перестійного букового лісу (№5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*) були найменшими за величинами площі листків на одиницю фітомаси (LAR), фотосинтетичного зусилля (LWR), відношення листкової поверхні до діаметра стебла (AdR), співвідношення між висотою рослини та діаметром стебла (hdR) при найбільших значеннях репродуктивного зусилля (RE1 і RE2).

Відмінною особливістю рослин екосистеми пралісу (№ 9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) були найвищі показники площі листків на одиницю фітомаси (LAR), фотосинтетичного зусилля (LWR), відносного приросту (hWR) при найменших значеннях фітомаси генеративних органів (Wg) та найменшій кількості квіток (Nfl).

Рослини із екосистеми середньовікового кленово-букового лісу (№1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) вирізнялися лише найбільшим значенням співвідношення між висотою та діаметром стебла (hdR).

Для узагальнення інформації про розмірні ознаки рослин *L. vernus* був застосований кластерний аналіз з охопленням величин усіх морфопараметрів, що вивчалися (рис. 5.28.).

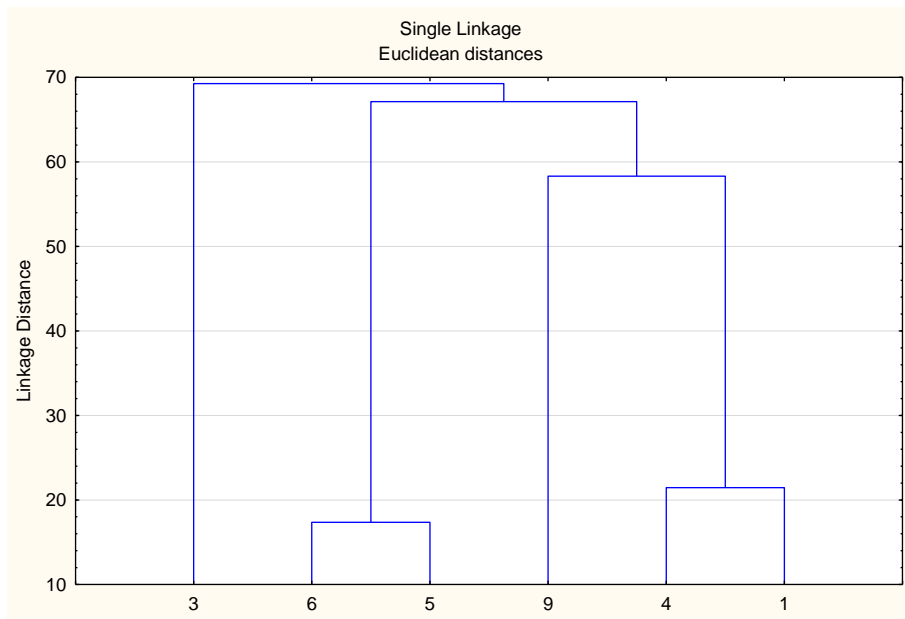


Рисунок 5.28. Результати кластерного аналізу популяцій *Lathyrus vernus* за комплексом величин морфопараметрів (нумерація популяцій відповідає табл. 5.8)

Результати аналізу продемонстрували значний рівень подібності популяцій із угруповань *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum* (екосистема №5) та *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus* (екосистема №6), які формують чітко виражений та відокремлений кластер з найнижчими показниками морфопараметрів.

Засвідчили суттєвий рівень подібності популяції із екосистемою середньовікового лісу (екосистема №1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) і перестійного лісу (екосистема №4, угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta*) та наближеність до них (на рівні евклідової відстані у 58 од.) популяції із угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* (екосистема пралісу №9).

Разом з тим, популяція із угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa* (екосистема №3) з найвищими показниками морфопараметрів не увійшла до складу жодного із кластерів. Цей факт об'єктивно засвідчує високий рівень специфічності розмірних показників рослин, що її формують.

5.3.2. Оцінка морфологічної мінливості та пластичності у рослин і популяцій *Lathyrus vernus*

Проведений аналіз абсолютних значень морфопараметрів засвідчив прояв у них мінливості (зміну величин у межах популяції) та пластичності (зміну середніх значень за популяціями). Тому нами був реалізований алгоритм розрахунків, спрямований на порівняння вираженості у рослин та популяцій *L. vernus* морфологічної мінливості та пластичності. Розрахунки були здійснені з опорою на значення чотирьох морфопараметрів (W - загальна фітомаса, al - середня площа окремого листка, Wg - фітомаса генеративних органів, A - листкова поверхня), які за результатами факторного аналізу продемонстрували найбільші факторні навантаження.

Згідно з визначеним алгоритмом визначено показники варіювання середніх значень обраних морфопараметрів як ознаки їхньої пластичності (табл. 5.9.).

Таблиця 5.9.

Варіювання середніх значень морфопараметрів як ознаки пластичності популяцій *Lathyrus vernus*

Показники варіювання	Морфопараметри та їх одиниці вимірювання			
	W (г)	al (см ²)	Wg (г)	A (см ²)
Коефіцієнт варіації V , %	21,24	39,68	32,20	37,16
Розмах варіації, R	1,55	5,11	0,51	188,28
Рівень варіювання	середній	середній	середній	середній

У подальшому було визначено коефіцієнти варіації і величини розмаху варіації морфопараметрів у межах досліджуваних екосистем (табл. 5.10.) та розраховано їхні середні арифметичні показники варіювання як ознаки мінливості (табл. 5.11.).

Таблиця 5.10.

Коефіцієнти варіації (V) та розмах варіації (R) морфопараметрів
Lathyrus vernus

№ екосистеми	Морфопараметри та їх одиниці вимірювання							
	W (г)		al (см ²)		Wg (г)		A (см ²)	
	V, %	R	V, %	R	V, %	R	V, %	R
1 ⁺	23,86	2,24	33,88	8,16	44,19	0,78	35,11	295,67
3 [»]	42,55	8,17	53,30	19,22	61,33	1,25	52,36	729,20
4 [»]	33,69	5,48	36,32	6,82	28,27	0,89	44,73	392,68
5 [»]	40,00	4,45	35,19	4,79	43,70	1,12	45,98	236,75
6 [»]	29,44	2,37	35,57	4,55	38,04	0,88	49,07	212,31
9 [*]	44,21	3,93	80,06	19,84	55,05	0,43	72,35	575,24

Таблиця 5.11.

Середні показники коефіцієнтів варіації і розмаху варіації
як ознаки мінливості морфопараметрів *Lathyrus vernus*

Показники варіювання	Морфопараметри та їх одиниці вимірювання			
	W (г)	al (см ²)	Wg (г)	A (см ²)
Коефіцієнт варіації V, %	35,62±3,27	45,72±7,48	45,10±4,82	49,93±5,07
Розмах варіації, R	4,44±0,90	10,56±2,89	0,89±0,12	406,97±83,98
Рівень варіювання	середній	великий	великий	великий

Встановлено, що у популяції *L. vernus* за ознаками пластичності в усіх проаналізованих морфопараметрах проявляється середнє варіювання, тоді як за ознаками їх мінливості спостерігається великий рівень варіювання (за виключенням загальної фітомаси з середнім рівнем варіювання). За ознакою пластичності найвищий коефіцієнт варіації (39,68%) зареєстровано у середньої площі окремого листка, а найменший (21,24%) - у загальної фітомаси. За ознакою мінливості найвищий коефіцієнт варіації (49,93%) зареєстровано у листовій поверхні, а найменший (35,62%) - у загальної фітомаси.

У підсумку у популяції *L. vernus* за усіма обраними морфопараметрами показники мінливості перевищують показники пластичності:

- у загальної фітомаси (W) – коефіцієнт варіації більший у 1,7 рази, розмах варіації - у 2,9 рази;
- у середньої площі одного листка (al) - коефіцієнт варіації більший у 1,2 рази, розмах варіації - у 2,1 рази;
- у фітомаси генеративних органів (Wg) - коефіцієнт варіації більший у 1,4 рази, розмах варіації - у 1,7 рази;
- у площі листової поверхні (A) - коефіцієнт варіації більший у 1,3 рази, розмах варіації - у 2,2 рази.

Отже, проведений аналіз об'єктивно засвідчив, що функціонування популяції *L. vernus* відбувається при реалізації як морфологічної пластичності, так і мінливості. Факт перевищення показників мінливості над показниками пластичності об'єктивно засвідчує значущість внутрішньо-популяційного варіювання у формуванні у популяції *L. vernus* морфоадаптації до умов місцезростань.

5.3.3. Оцінка впливу на значення морфопараметрів еколого-ценотичних чинників

На основі застосування засад прямого градієнтного аналізу з опорою на розрахункову процедуру дисперсійного аналізу встановлено, що розмірні ознаки рослин *L. vernus*, зазначені особливості в розподілі їхніх значень та морфоструктури дійсно є результатом реагування на дію різноманітних еколого-ценотичних чинників (табл. 5.12; 5.13).

Таблиця 5.12

Вплив провідних екологічних чинників на величини морфопараметрів рослин *Lathyrus vernus*

Морфопараметри	Чинники											
	вік ярусу деревостану			система лісокористування			видовий склад ярусу деревостану			видовий склад домінантів ярусу трав		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	9,071	0,000000	22,41	4,0211	0,019775	4,79	7,1030	0,000165	11,82	2,7885	0,042465	5,00
Wl	8,8551	0,000000	22,00	1,8147	0,166220	2,22	9,3517	0,000010	15,00	1,3115	0,272607	2,41
h	19,705	0,000000	38,56	1,323	0,269289	1,63	17,062	0,000000	24,35	2,443	0,066189	4,41
Wg	12,1980	0,000000	27,98	24,6253	0,000000	23,54	2,9034	0,036627	5,19	16,5268	0,000000	23,77
Nl	4,958	0,000305	13,64	10,135	0,000072	11,24	0,092	0,964213	0,17	6,763	0,000254	11,32
Nfl	5,8251	0,000058	15,65	12,7441	0,000007	13,74	1,0195	0,385660	1,89	8,5113	0,000028	13,84
A	13,7381	0,000000	30,44	1,7463	0,177720	2,14	15,5420	0,000000	22,68	1,1718	0,322308	2,16
al	14,4134	0,000000	31,46	4,0947	0,018438	4,87	15,0902	0,000000	22,16	2,7364	0,045409	4,91
d	14,029	0,000000	30,88	0,340	0,712616	0,42	11,982	0,000000	18,44	0,283	0,837712	0,53
LAR	12,356	0,000000	28,24	8,7209	0,000254	9,83	9,629	0,000007	15,37	7,3039	0,000128	12,11
LWR	7,683	0,000002	19,66	8,909	0,000215	10,02	4,591	0,004125	7,97	5,977	0,000692	10,14
hWR	4,629	0,000574	12,85	6,386	0,002147	7,39	2,957	0,034202	5,28	6,249	0,000489	10,55
AdR	8,4562	0,000000	21,22	2,3510	0,098557	2,85	10,2938	0,000003	16,26	1,6317	0,184173	2,99
hdR	1,621	0,157362	4,91	0,232	0,792987	0,29	2,631	0,052005	4,73	0,800	0,495611	1,49
RE1	18,750	0,000000	37,39	11,5862	0,000020	12,65	15,760	0,000000	22,92	8,5824	0,000026	13,94
RE2	9,5997	0,000000	23,41	3,9753	0,020657	4,73	10,8689	0,000002	17,02	4,0780	0,008015	7,14

Прод. таблиці 5.12

Морфопараметри	Чинники											
	загальне проективне покриття ярусу трав			проективне покриття домінанта			популяційна щільність <i>L. vernus</i>			рельєф		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	10,269	0,000000	20,63	6,8185	0,000043	14,72	9,071	0,000000	22,41	21,829	0,000006	11,94
Wl	10,3158	0,000000	20,71	5,8915	0,000191	12,98	8,8551	0,000000	22,00	7,1535	0,008254	4,25
h	13,206	0,000000	25,06	20,542	0,000000	34,21	19,705	0,000000	38,56	11,569	0,000846	6,70
Wg	15,3357	0,000000	27,97	15,1495	0,000000	27,72	12,1980	0,000000	27,98	17,4794	0,000048	9,79
NI	5,625	0,000293	12,47	6,215	0,000114	13,59	4,958	0,000305	13,64	11,305	0,000966	6,56
Nfl	7,2835	0,000021	15,57	7,2026	0,000024	15,42	5,8251	0,000058	15,65	6,3049	0,013027	3,77
A	14,9833	0,000000	27,50	10,4748	0,000000	20,96	13,7381	0,000000	30,44	4,4396	0,036664	2,68
al	16,0088	0,000000	28,84	11,6305	0,000000	22,75	14,4134	0,000000	31,46	1,1301	0,289339	0,70
d	10,914	0,000000	21,65	12,862	0,000000	24,56	14,029	0,000000	30,88	23,473	0,000003	12,72
LAR	12,218	0,000000	23,62	14,445	0,000000	26,78	12,356	0,000000	28,24	1,606	0,206848	0,99
LWR	9,076	0,000001	18,68	8,174	0,000005	17,15	7,683	0,000002	19,66	0,342	0,559500	0,21
hWR	5,495	0,000362	12,21	3,304	0,012446	7,72	4,629	0,000574	12,85	17,235	0,000053	9,67
AdR	9,8568	0,000000	19,97	7,6014	0,000013	16,14	8,4562	0,000000	21,22	0,3333	0,564532	0,21
hdR	1,963	0,102673	4,74	2,009	0,095768	4,84	1,621	0,157362	4,91	1,217	0,271610	0,75
RE1	19,151	0,000000	32,65	19,731	0,000000	33,31	18,750	0,000000	37,39	1,066	0,303468	0,66
RE2	9,8208	0,000000	19,91	11,2410	0,000000	22,15	9,5997	0,000000	23,41	1,5569	0,213937	0,96

Прод. Таблица 5.12

Морфопараметри	Чинники											
	освітленість			вологість ґрунту			вміст органічних речовин			кислотність ґрунту		
	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %	F	p	η, %
W	9,071	0,000000	22,41	9,071	0,000000	22,41	9,0215	0,000001	18,59	13,699	0,000000	20,54
Wl	8,8551	0,000000	22,00	8,8551	0,000000	22,00	9,6071	0,000001	19,56	10,6956	0,000002	16,79
h	19,705	0,000000	38,56	19,705	0,000000	38,56	20,266	0,000000	33,91	17,006	0,000000	24,29
Wg	12,1980	0,000000	27,98	12,1980	0,000000	27,98	12,9520	0,000000	24,69	16,6038	0,000000	23,85
Nl	4,958	0,000305	13,64	4,958	0,000305	13,64	4,040	0,003798	9,28	7,524	0,000097	12,43
Nfl	5,8251	0,000058	15,65	5,8251	0,000058	15,65	7,0171	0,000032	15,09	4,7120	0,003529	8,16
A	13,7381	0,000000	30,44	13,7381	0,000000	30,44	14,7292	0,000000	27,16	16,1385	0,000000	23,34
al	14,4134	0,000000	31,46	14,4134	0,000000	31,46	17,0287	0,000000	30,12	14,9258	0,000000	21,97
d	14,029	0,000000	30,88	14,029	0,000000	30,88	17,568	0,000000	30,78	13,358	0,000000	20,13
LAR	12,356	0,000000	28,24	12,356	0,000000	28,24	14,954	0,000000	27,46	9,8375	0,000005	15,66
LWR	7,683	0,000002	19,66	7,683	0,000002	19,66	9,220	0,000001	18,92	4,934	0,002647	8,52
hWR	4,629	0,000574	12,85	4,629	0,000574	12,85	4,796	0,001119	10,83	7,074	0,000171	11,77
AdR	8,4562	0,000000	21,22	8,4562	0,000000	21,22	8,3826	0,000004	17,51	10,3553	0,000003	16,34
hdR	1,621	0,157362	4,91	1,621	0,157362	4,91	0,836	0,504283	2,07	2,478	0,063291	4,47
RE1	18,750	0,000000	37,39	18,750	0,000000	37,39	23,586	0,000000	37,39	17,691	0,000000	25,03
RE2	9,5997	0,000000	23,41	9,5997	0,000000	23,41	10,8207	0,000000	21,50	10,4590	0,000003	16,48

Узагальнення даних про силу впливу екочинників дозволило диференціювати їх за ступенем впливу на морфопараметри рослин *L. vernus* (табл. 5.13). Доведено значний вплив таких чинників як вік деревостану, освітленість під його наметом, популяційна щільність та вологість ґрунту.

Таблиця 5.13.

Узагальнена інформація про силу впливу провідних екочинників на морфопараметри рослин *Lathyrus vernus* Геттінгенського лісу

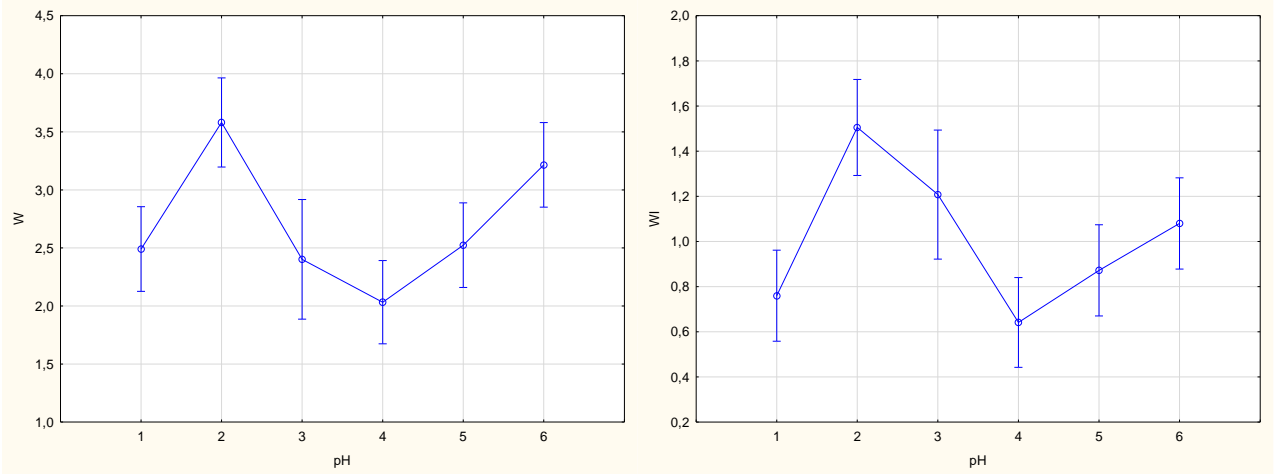
Чинник	Кількість (частка) морфопараметрів, на які чинник проявив статистично достовірний вплив	Сила впливу для статистично достовірних впливів, %
Кислотність (рН) ґрунту	15 (93,75%)	8,16-25,03
Вміст органічних речовин в ґрунті	15 (93,75%)	9,28-37,39
Вік деревостанів	15 (93,75%)	12,85-38,56
Освітленість	15 (93,75%)	12,85-38,56
Проективне покриття виду-домінанта ярусу трав	15 (93,75%)	7,72-34,21
Популяційна щільність	15 (93,75%)	12,85-38,56
Вологість ґрунту	15 (93,75%)	12,85-38,56
Видовий склад ярусу деревостану	13 (81,25%)	5,19-24,35
Загальне проективне покриття ярусу трав	15 (93,75%)	12,21-32,65
Система лісокористування	10 (62,50%)	4,73-23,54
Вид-домінант ярусу трав	10 (62,50%)	4,91-23,77
Рельєф	9 (56,25%)	2,68-12,72

Показник співвідношення між висотою рослини та діаметром стебла (hdR) виявився одним морфопараметром, на який жоден із досліджуваних екочинників не проявив статистично достовірного впливу, що засвідчує сталість в архітектоніці рослин *L. vernus* зазначеного співвідношення. Це також вказує й

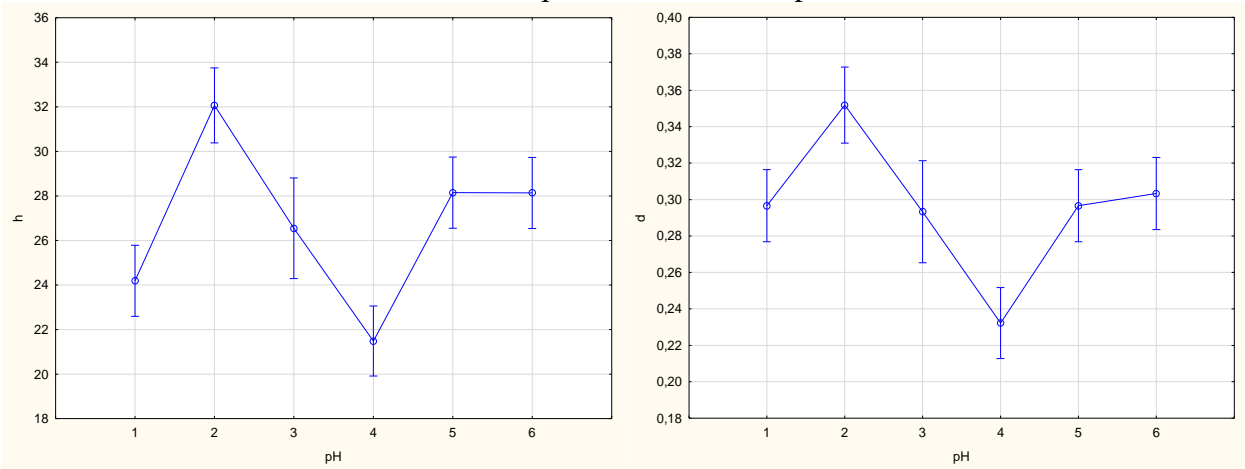
на те, що показники даної характеристики більшою мірою визначаються впливом ендогенних чинників (генетичних, фізіологічних тощо), ніж екзогенних.

У характері реагування морфопараметрів на вплив зазначених екочинників, як і при загальній зміні їх величин за екосистемами, також проявився високий рівень ознакоспецифічності. Це, наприклад, наочно демонструють шість графіків, що наведені нижче, які відображують характер реагування величин морфопараметрів *L. vernus* на зміну кислотності (рН) ґрунту. При цьому, на тлі чітко вираженої ознакоспецифічності у низки статичних метричних показників (загальної фітомаси рослин та маси листків, висоти та діаметра стебла) у межах досліджуваного діапазону величин рН спостерігається зменшення величин морфопараметрів по мірі підвищення значень цього показника. Така тенденція чітко проявляється у межах діапазону значень рН від 5,55 до 6,91. У статичних алометричних показників (площі листків на одиницю фітомаси та фотосинтетичного зусилля) таке зниження величин морфопараметрів відбувається у місцезростаннях, де показники рН знаходяться у межах 6,77-6,91 (рис. 5.29.).

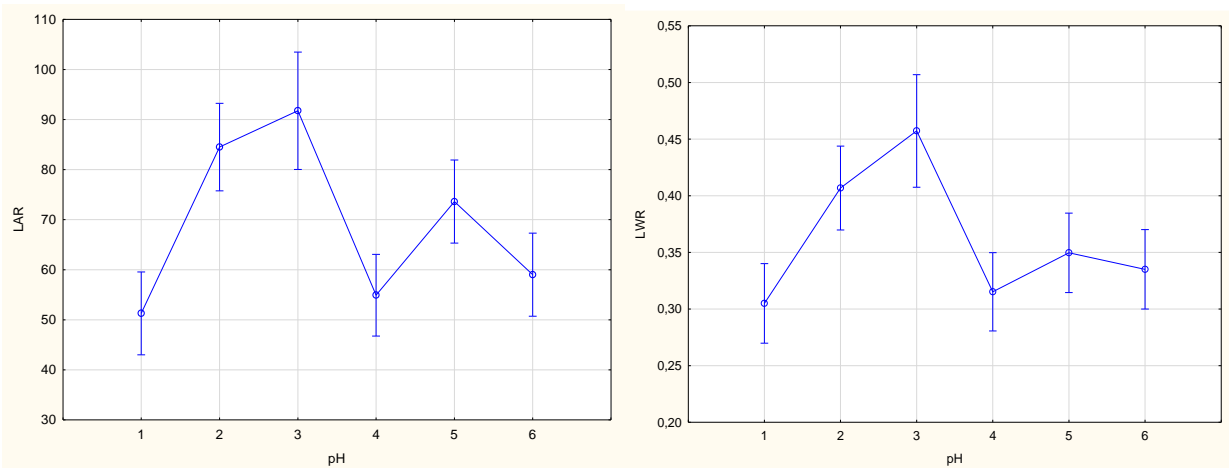
Найбільші значення статичних метричних морфопараметрів (фітомаси листків, площі листової поверхні, висоти, площі одного листка тощо) здебільшого реєструвались у фітоценозах із освітленістю у 671 Лк. Найбільші величини показників низки статичних метричних морфопараметрів *Lathyrus vernus* (фітомаси листків, площі одного листка тощо) здебільшого припадали на місцезростання, де вміст органічних речовин у ґрунті становив близько 18% (рис. 5.30.).



Зміна величин загальної фітомаси та фітомаси листків рослин *Lathyrus vernus* на тлі різних показників рН

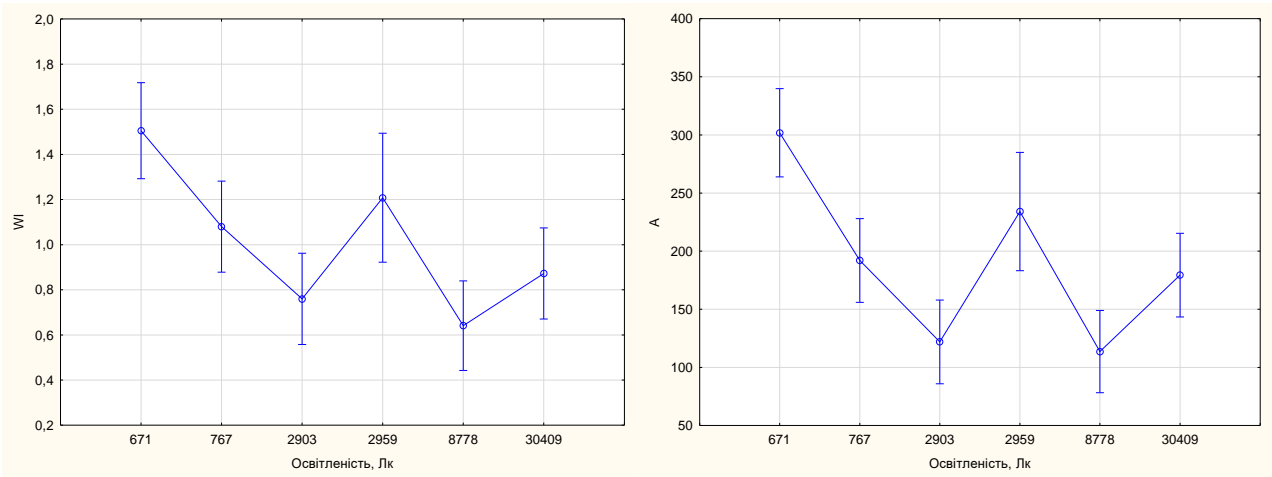


Зміна величин висоти та діаметру рослин *Lathyrus vernus* на тлі різних показників рН

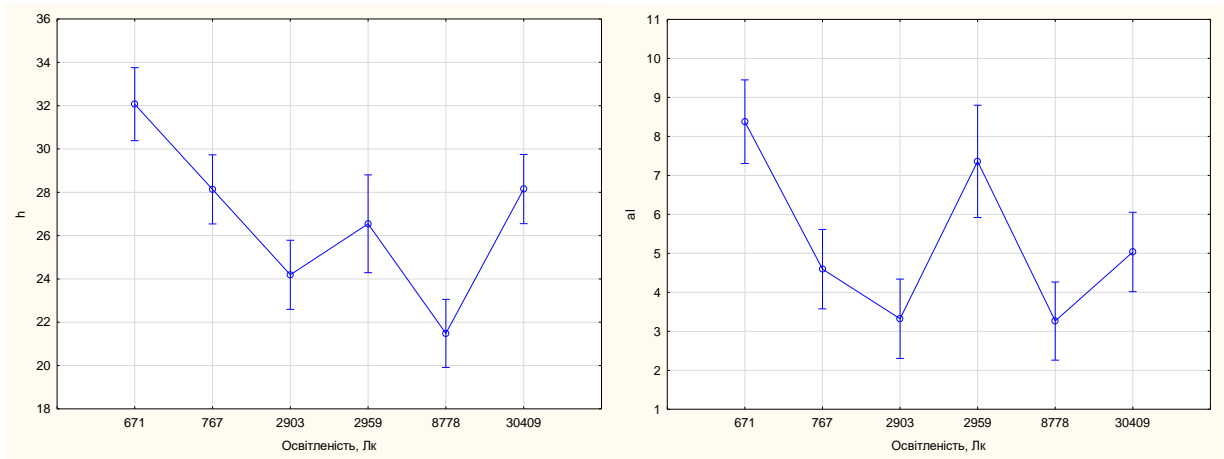


Зміна величин площі та фітомаси листків на одиницю загальної фітомаси у рослин *Lathyrus vernus* на тлі різних показників рН

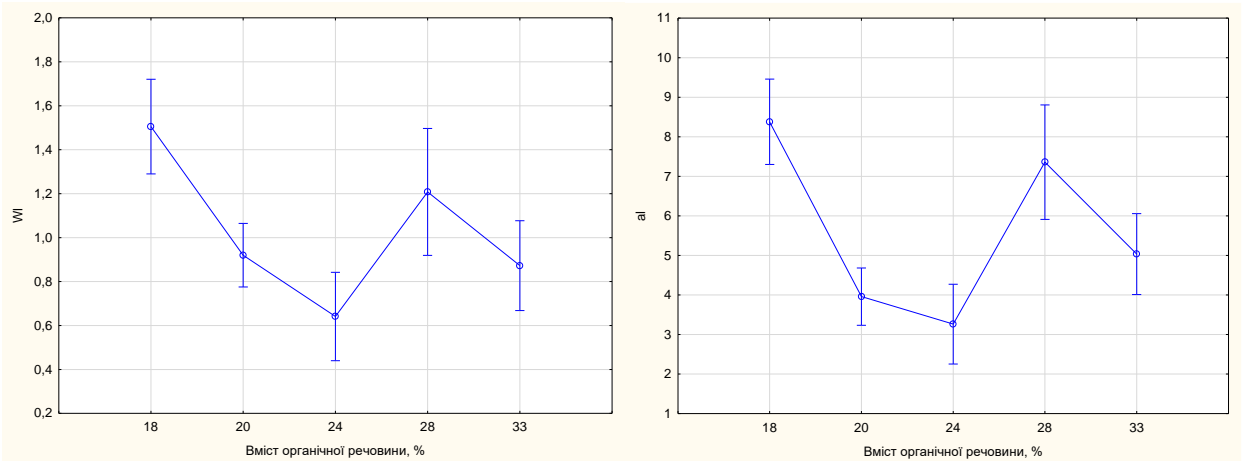
Рисунок 5.29. Зміна значень морфопараметрів у популяції *Lathyrus vernus* на тлі різних показників рН (нумерація на рисунку відповідає наступним показникам рН: 1 – 5,08; 2 – 5,55; 3 – 6,77; 4 – 6,91; 5 – 7,03; 6 – 7,73)



Зміна величин фітомаси листків та площі листової поверхні рослин *Lathyrus vernus* на тлі різних показників освітленості під наметом лісу

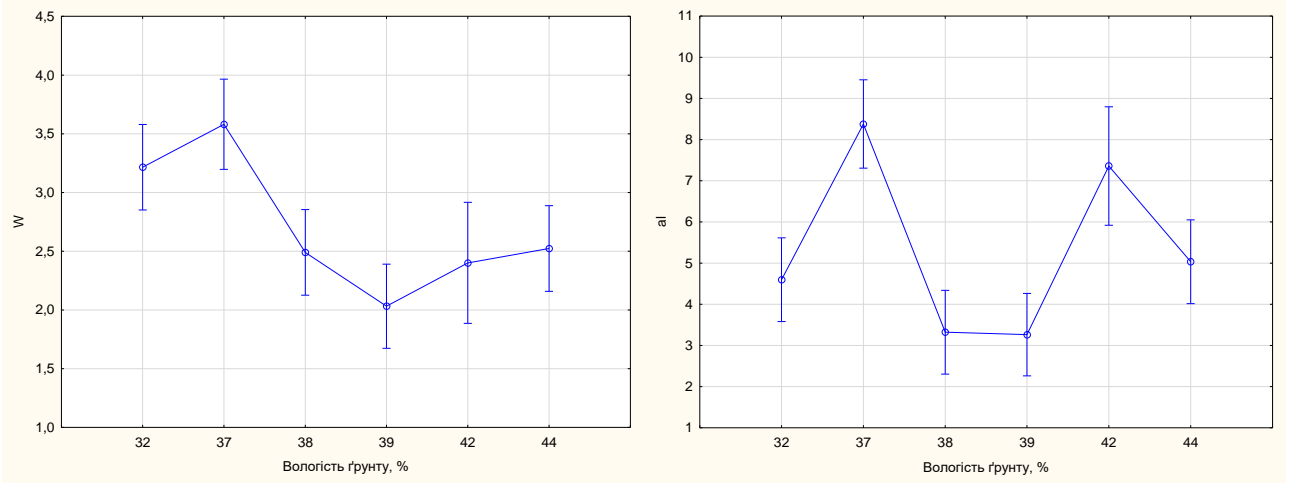


Зміна величин висоти та площі одного листка рослин *Lathyrus vernus* на тлі різних показників освітленості під наметом лісу

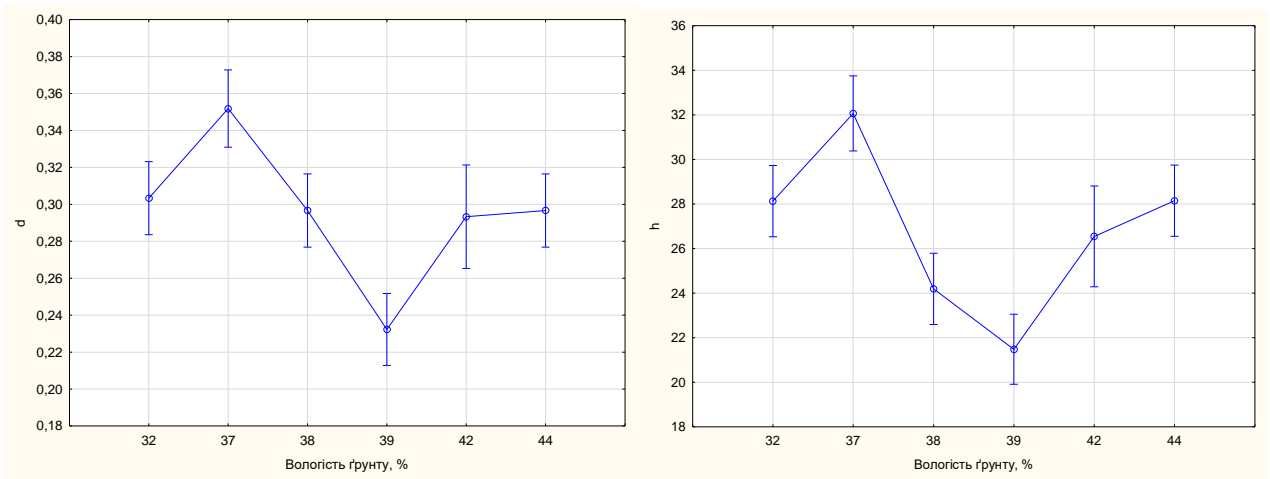


Зміна величин фітомаси листків та площі одного листка у рослин *Lathyrus vernus* на тлі різних показників вмісту органічної речовини у ґрунті

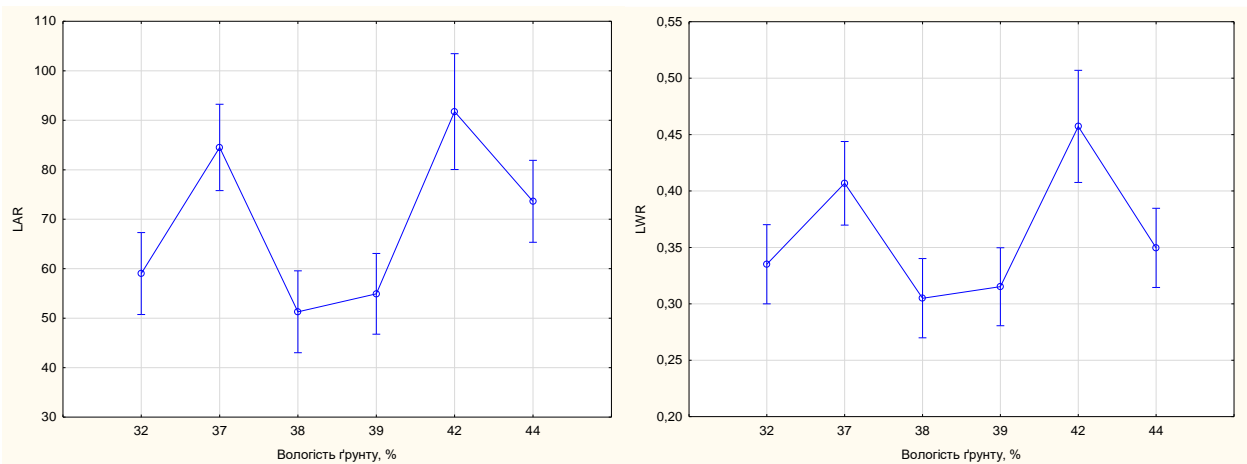
Рисунок 5.30. Зміна значень морфопараметрів у популяції *Lathyrus vernus* на тлі різних показників освітленості під наметом лісу та показників вмісту органічної речовини у ґрунті



Зміна величин загальної фітомаси та площі одного листка у рослин *Lathyrus vernus* на тлі різної вологості ґрунту

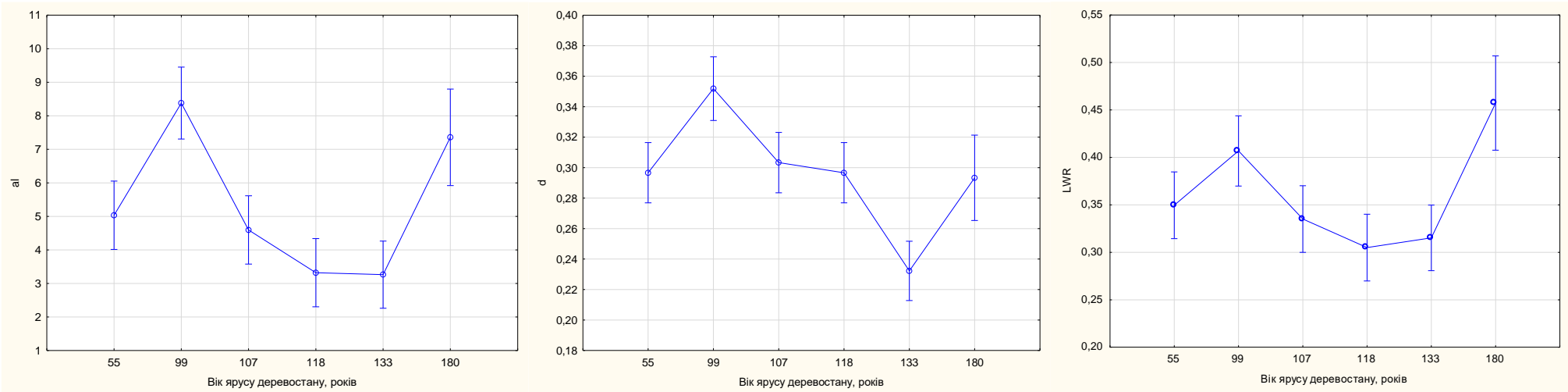


Зміна величин діаметра та висоти стебла у рослин *Lathyrus vernus* на тлі різної вологості ґрунту

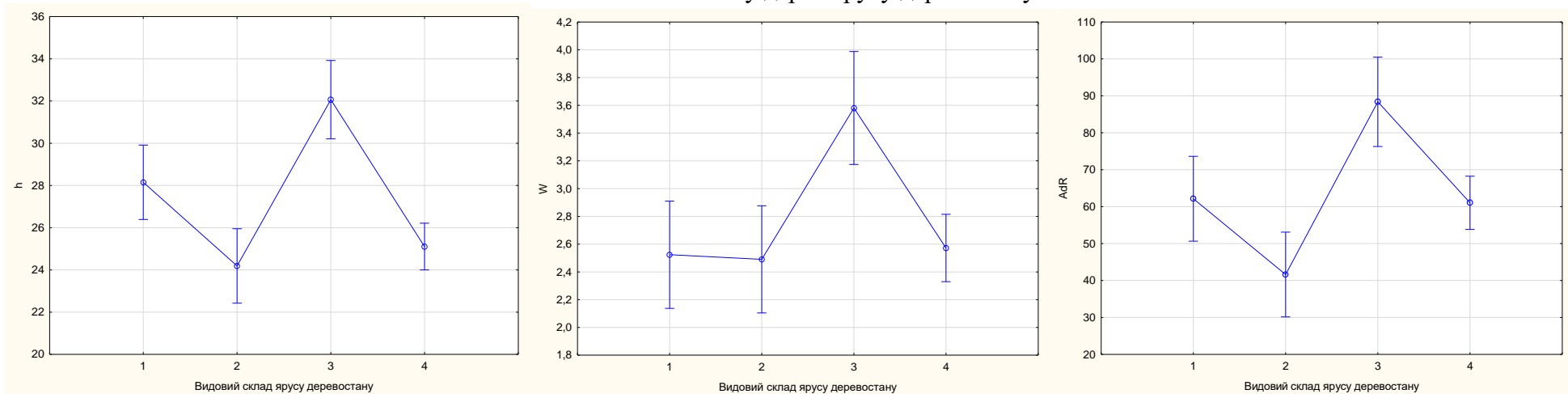


Зміна величин площі та фітомаси листків на одиницю загальної фітомаси у рослин *Lathyrus vernus* на тлі різної вологості ґрунту

Рисунок 5.31. Зміна значень морфопараметрів у популяції *Lathyrus vernus* на тлі різних показників вологості ґрунту



Зміна величин площі одного листка, діаметра та фотосинтетичного зусилля у рослин *Lathyrus vernus* на тлі зміни віку дерев ярусу деревостану



Зміна висоти, загальної фітомаси та відношення листкової поверхні до діаметра стебла рослин *Lathyrus vernus* на тлі зміни видового складу ярусу деревостану (1 - *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides*; 2 - *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus*; 3 - *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior*; 4 - *Fagus sylvatica*)

Рисунок 5.32. Зміна морфопараметрів у популяції *Lathyrus vernus* на тлі зміни віку дерев та видового складу ярусу деревостану

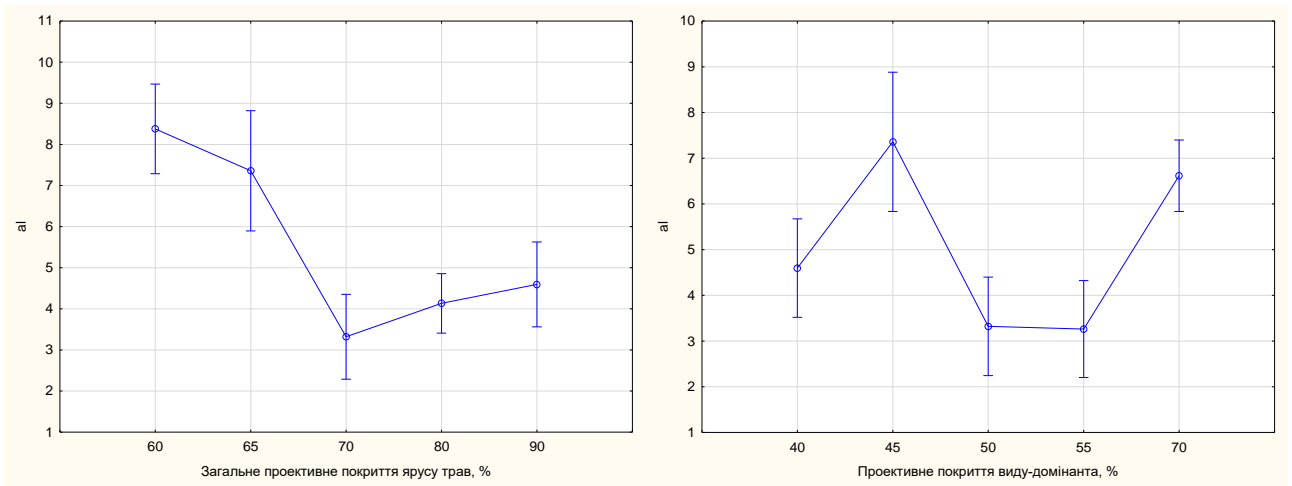
Найбільші значення більшості статичних метричних показників морфопараметрів *L. vernus* реєструвались у місцезростаннях із вологістю ґрунту близько 37 %. У таких статичних алометричних показників як площа листків на одиницю фітомаси та фотосинтетичне зусилля таке підвищення величин морфопараметрів зареєстровано у місцезростаннях, де показники вологості ґрунту знаходяться на рівні 42% (рис. 5.31).

При аналізі впливу еколого-ценотичних чинників на величини морфопараметрів рослин *L. vernus* встановлено, що найбільші значення низки морфопараметрів реєструються в лісах віком 99 та 180 років. У свою чергу найбільшими величинами морфопараметрів зазвичай вирізняються буково-ясеневі ліси (рис. 5.32.).

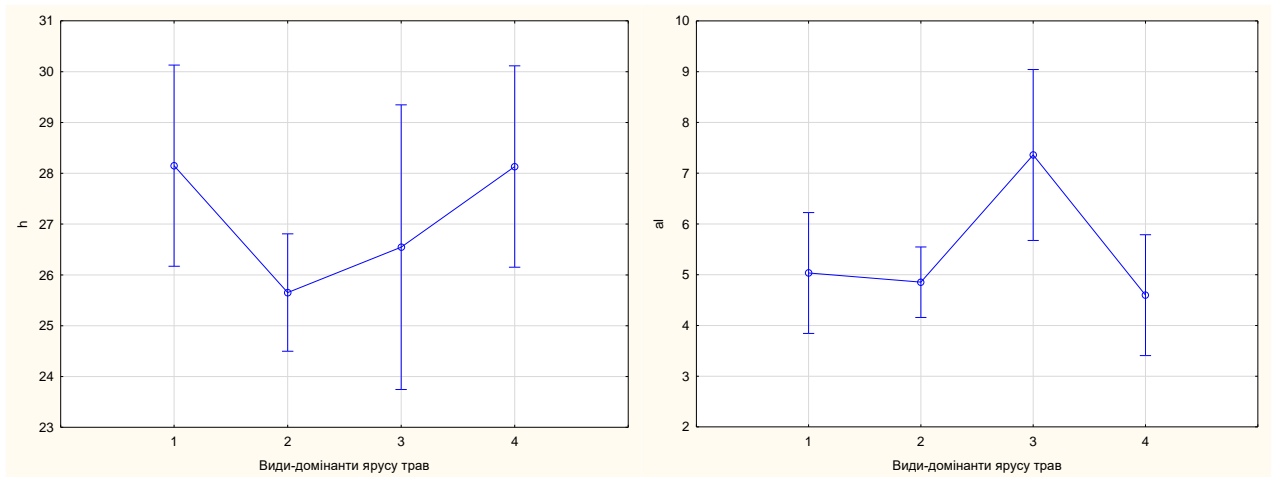
Найбільші значення більшості статичних метричних показників припадають на екосистеми із загальним проективним покриттям ярусу трав на рівні 60% та із проективним покриттям виду-домінанта на рівні 45% і 70%. Найменші значення морфопараметрів здебільшого припадали на екосистеми із домінуванням у ярусі трав *Anemone nemorosa* (рис. 5.33.). Окрім того, найбільшими значеннями морфопараметрів зазвичай вирізняються популяції *L. vernus*, у яких показники популяційної щільності цього виду відповідають діапазону 9-11 шт./м² (рис. 5.34.).

Найбільші значення усіх статичних метричних та більшості алометричних показників були зареєстровані в місцезростаннях, які відповідали схилу північної експозиції (рис. 5.35.).

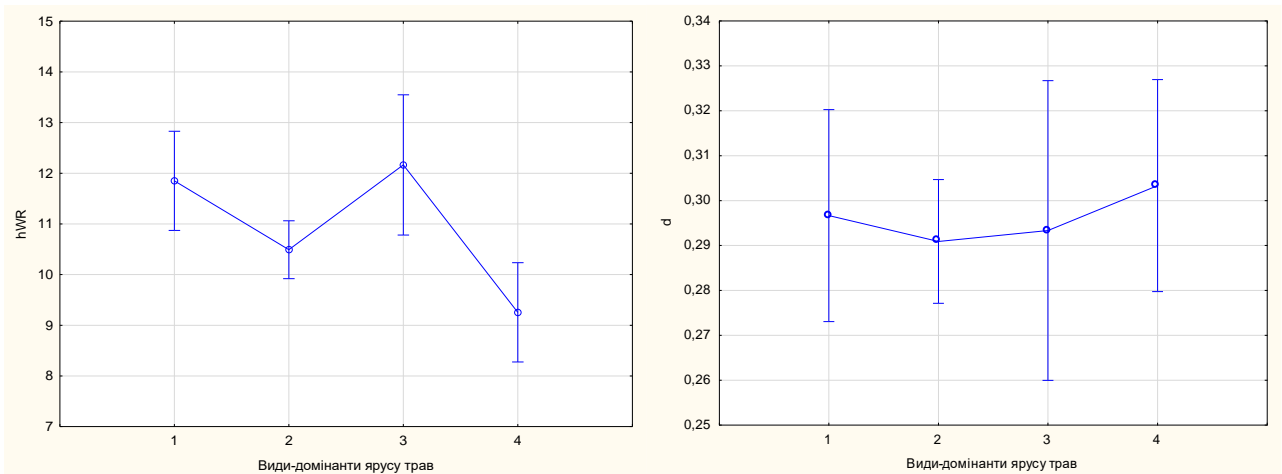
У реагуванні величин морфопараметрів на систему лісокористування проявився значний ступінь ознакоспецифічності. У низки статичних метричних і алометричних показників (фітомаси листків, середньої площі одного листка, площі та маси листків на одиницю загальної фітомаси) проявилась тенденція до збільшення їх величин в екосистемі пралісів, де запроваджено природоохоронний режим (рис. 5.36.).



Значення площі одного листка у рослин *Lathyrus vernus* на тлі зміни загального проективного покриття та проективного покриття виду-домінанта ярусу трав

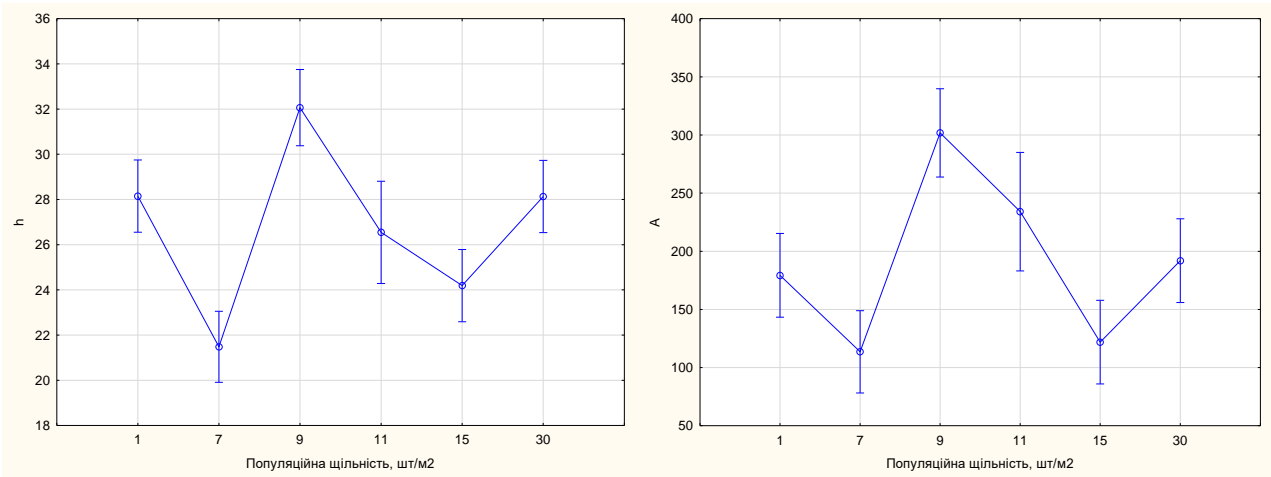


Значення висоти стебла та площі одного листка у рослин *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав. Тут і нижче номерами позначено наступні види-домінанти: 1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*; 4. *Lathyrus vernus*.

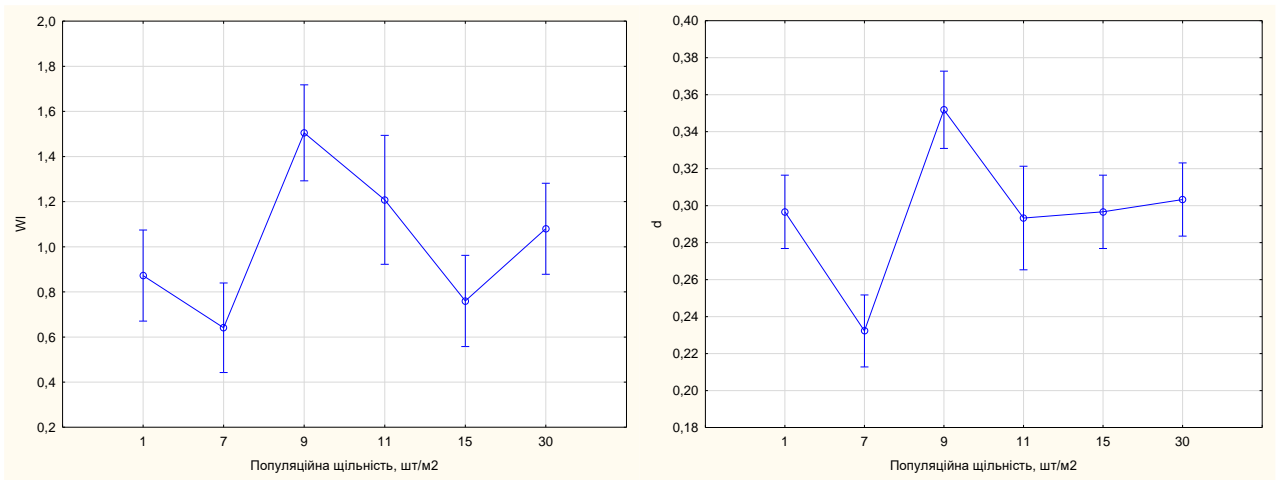


Значення відносного приросту та діаметра стебла у рослин *Lathyrus vernus* в екосистемах різного видового складу домінантів ярусу трав

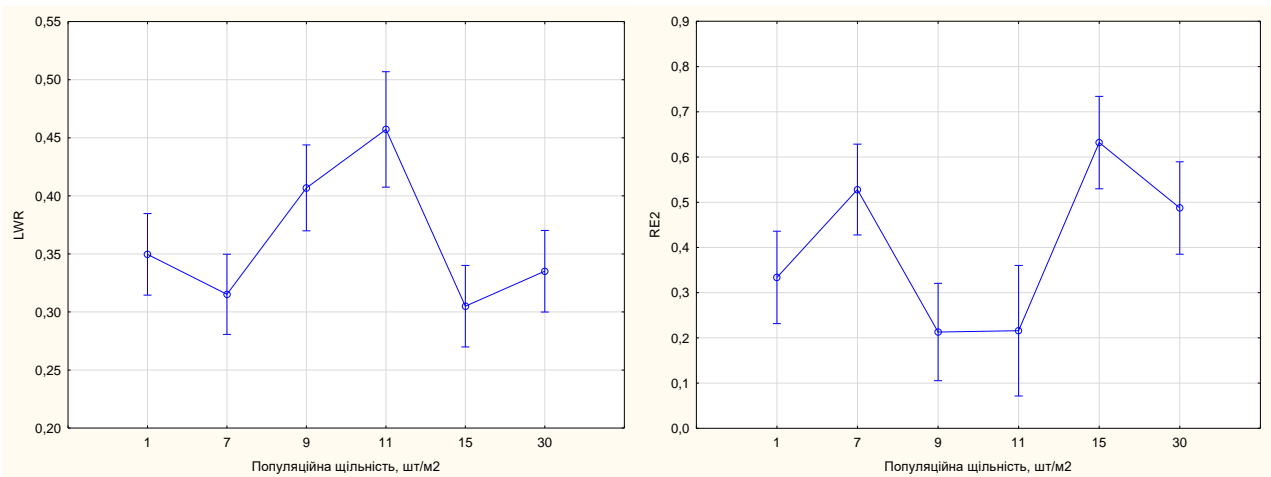
Рисунок 5.33. Зміна морфопараметрів *Lathyrus vernus* на тлі зміни загального проективного покриття, проективного покриття виду-домінанта та різного видового складу домінантів ярусу трав



Зміна висоти стебла та площі листової поверхні рослин *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників популяційної щільності

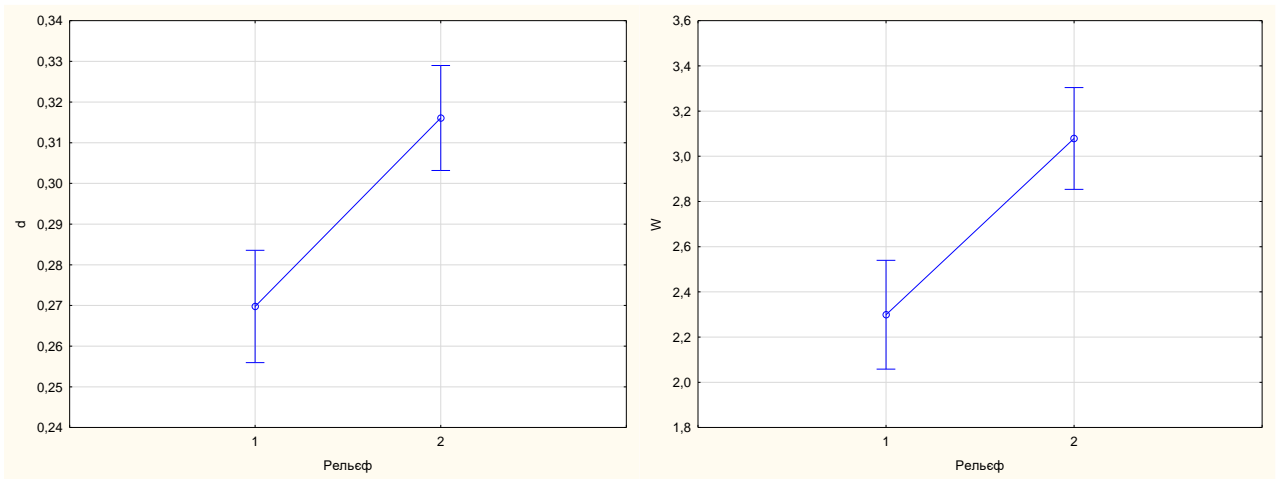


Зміна фітомаси листків та діаметра стебла у рослин *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників популяційної щільності

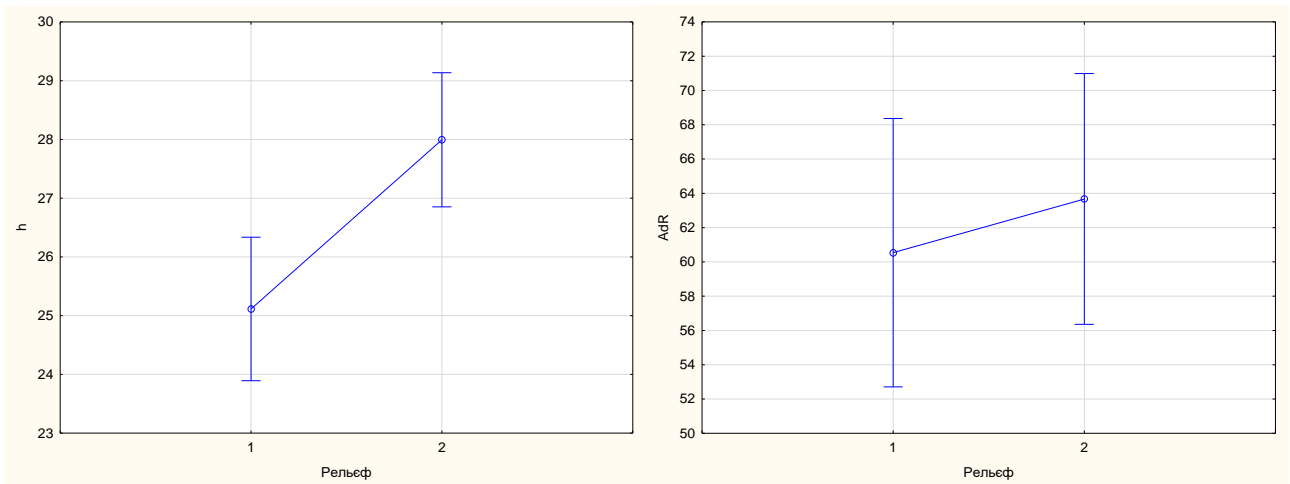


Зміна фотосинтетичного та репродуктивного зусилля (RE2) у рослин *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників популяційної щільності

Рисунок 5.34. Зміна морфопараметрів *Lathyrus vernus* на тлі зміни показників популяційної щільності

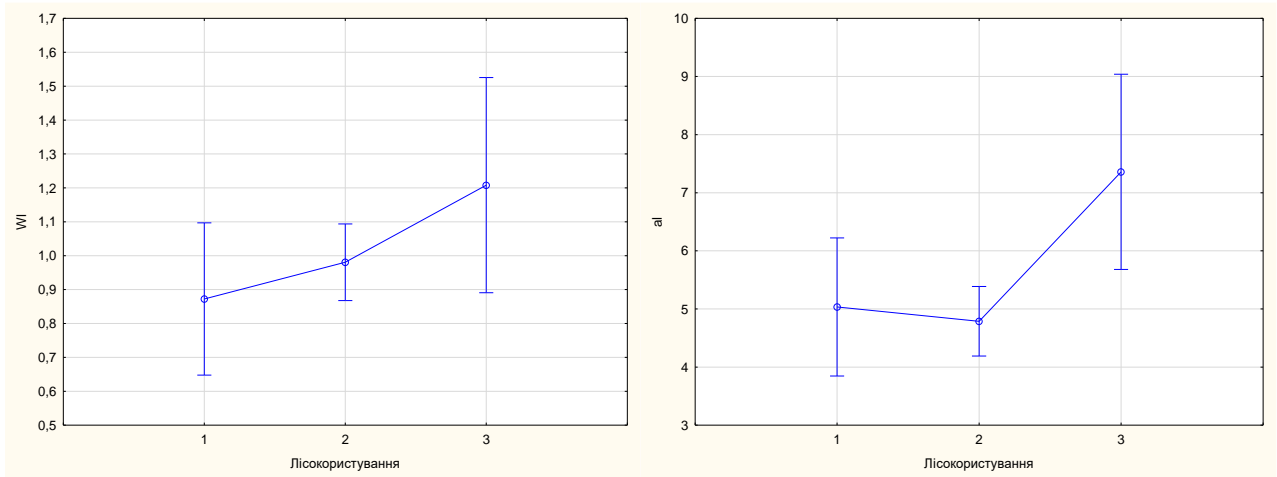


Зміна діаметра стебла та загальної фітомаси рослин *Lathyrus vernus* залежно від рельєфу

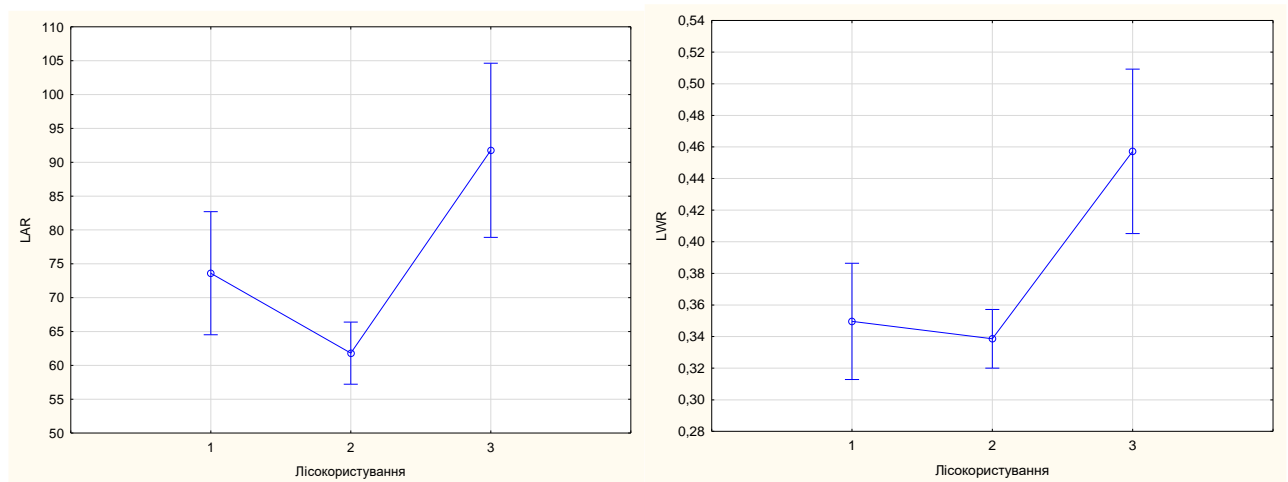


Зміна висоти стебла та відношення листкової поверхні до діаметра стебла рослин *Lathyrus vernus* залежно від рельєфу

Рисунок 5.35. Зміна морфопараметрів *Lathyrus vernus* залежно від рельєфу (1 – схил південної експозиції; 2 – схил північної експозиції)



Зміна фітомаси листків та площі одного листка *Lathyrus vernus* залежно від системи лісокористування



Зміна площі та маси листків на одиницю загальної фітомаси у рослин *Lathyrus vernus* залежно від системи лісокористування

Рисунок 5.36. Зміна морфопараметрів *Lathyrus vernus* залежно від системи лісокористування (1 – здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини; 2 – запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліс, запроваджено природоохоронний режим)

Отже, отримані дані об'єктивно засвідчили, що рослини *Lathyrus vernus* на зміну еколого-ценотичних умов місцезростань Геттінгенського лісу чутливо реагують зміною розмірно-морфометричних показників. Проведений аналіз змін величин морфопараметрів за градієнтами дозволив виявити показники, при яких значення статичних метричних показників *L. vernus* досягають найбільших величин, тобто виявити параметри еколого-ценотичного оптимуму для цієї групи розмірних характеристик (табл. 5.14).

Таблиця 5.14.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для статичних метричних морфопараметрів *Lathyrus vernus* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH = 5,55
Вміст органічних речовин в ґрунті	18%
Вік деревостанів	55-107 років
Освітленість	671 Лк
Популяційна щільність	9–11 шт./м ²
Вологість ґрунту	37 %
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Кленово-букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i>)
Рельєф	Схил північної експозиції
Загальне проективне покриття ярусу трав	60%
Проективне покриття виду-домінанта ярусу трав	40%
Вид-домінант	<i>Allium ursinum</i> , <i>pidше</i> – <i>Asarum europaeum</i>

5.4. Розмірна структура популяцій *Lathyrus vernus*

Задля отримання детальної інформації про розмірні ознаки популяцій було здійснено вивчення їхньої розмірної структури. Такий аналіз проведено з опорою на один морфопараметр - загальну фітомасу, що є однією з найкращих оцінок розміру рослин (Злобін, 1989), та на два морфопараметри (загальну фітомасу та середню площу окремого листка). Ці показники були відібрані з врахуванням результатів факторного аналізу як ознаки, що проявили найвищі факторні навантаження.

Вивчення розмірної структури на основі значень загальної фітомаси (рис. 5.37.) здійснювалось на основі того, що наявні значення цього показника були

диференційовані за п'ятьма розмірними групами: I – 1,20-2,12 г., II – 2,13-3,04 г., III – 3,05-3,96 г., IV – 3,97-4,88 г., V – 4,89-5,80 г.

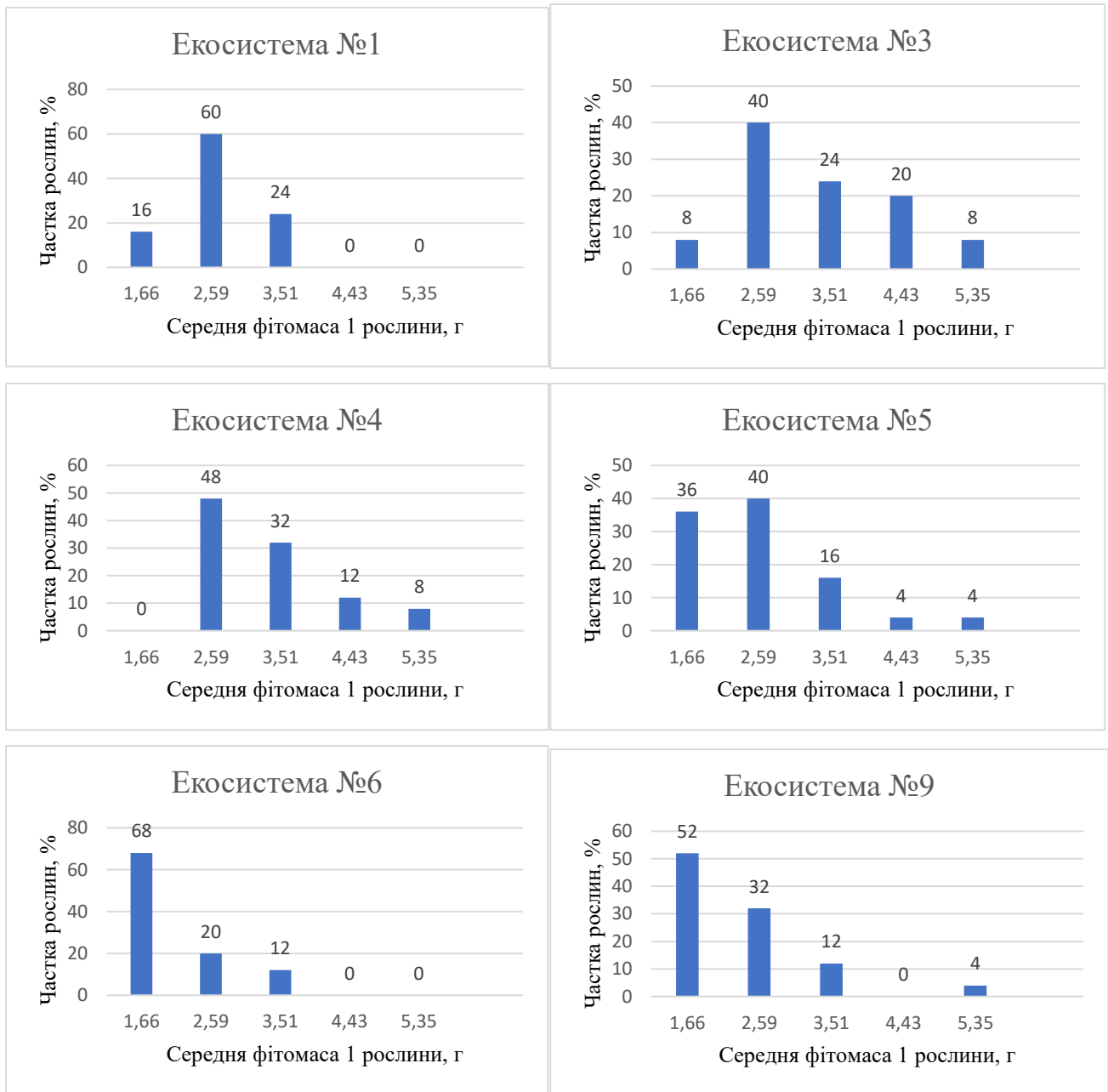


Рисунок 5.37. Розмірна структура популяцій *Lathyrus vernus*

Встановлено, що популяція із стиглого лісу (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*), який включений в систему екологічного лісогосподарського менеджменту, має повні, континуальні розмірні спектри. Повним за розмірною структурою є й спектр популяції із перестійного лісу (екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), який

також включений в систему екологічного лісогосподарського менеджменту. Для нього характерна більш чітко виражена лівосторонність. В популяціях перестійного лісу із угруповання *Fagus sylvatica* - *Lathyrus vernus* + *Anemone nemorosa* + *Viola hirta* (екосистема №4) та пралісу із угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea* також представлені рослини майже усіх виділених розмірних класів, за винятком особин, розмір яких відповідає першій та четвертій розмірним групам, відповідно. Загальний характер розмірних показників за групами у цих популяціях відповідає лівосторонньому спектру.

Характерною ознакою розмірної структури популяцій середньовікового лісу, який включений до системи традиційного лісокористування (екосистема №1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) та перестійного лісу (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*) є повне переважання рослин менших розмірних груп. У даних популяцій повністю відсутні рослини 4-го та 5-го класів з середньою фітомасою 4,43-5,35 г.

Інформація про розмірну структуру популяцій узагальнена в табл. 5.15. Вона свідчить, що всі досліджувані популяції мають континуальні, лівосторонні розмірні спектри, більшість з яких є неповними при ступені повноти 60 - 80%. Такі популяції представлені в угрупованнях різних за видовим складом деревостану, віком, характером лісокористування.

Зареєстрована тенденція до зменшення ступеня повноти розмірних спектрів на тлі підвищення кислотності ґрунту ($r = -0,7406$) та зростанні вмісту у ґрунті органічних речовин ($r = -0,7490$). З врахуванням відзначених тенденцій та комплексу ознак розмірної структури, маємо відзначити, що на тлі підвищення рН ґрунту та збільшення його родючості популяції *L. vernus* стають менш різноманітними за показниками такої важливої характеристики як загальна маса рослин.

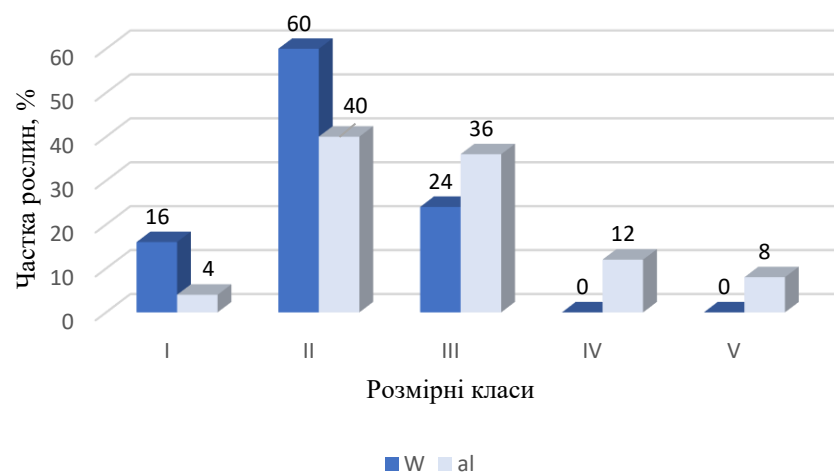
Результати аналізу розмірної структури популяції *L. vernus* за величинами двох показників (загальна фітомаса та середня площа окремого листка) представлені на рис. 5.38 та табл. 5.16. У досліджуваних популяціях найбільшу питому вагу мають рослини, розмірні показники яких відповідають I-III класам

Таблиця 5.15.

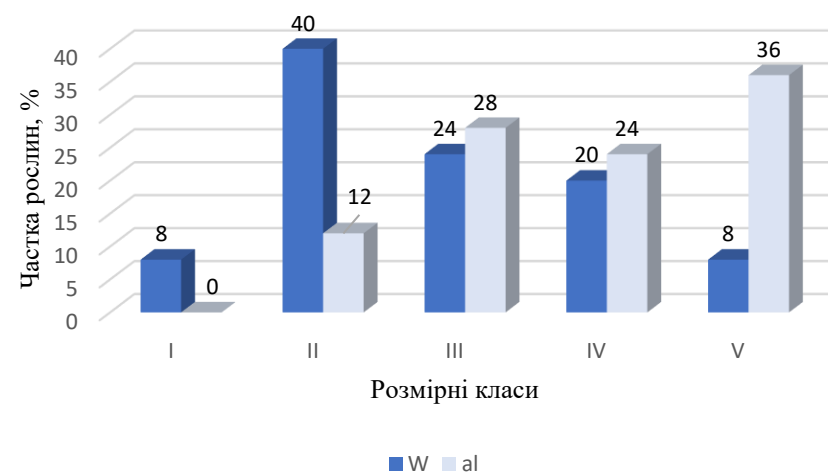
Узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *Lathyrus vernus* (з урахуванням значень однієї ознаки)

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану, років та вікова група	Характеристики розмірних спектрів			
			континуальний (К) /дискретний (Д)	симетричність	повнота	ступінь повноти, %
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55 (середньовіковий)	К	Лівосторонній	Неповний	60
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	К	Лівосторонній	Повний	100
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	107 (перестійний)	К	Лівосторонній	Неповний	80
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	К	Лівосторонній	Повний	100
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	133 (перестійний)	К	Лівосторонній	Неповний	60
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	К	Лівосторонній	Неповний	80

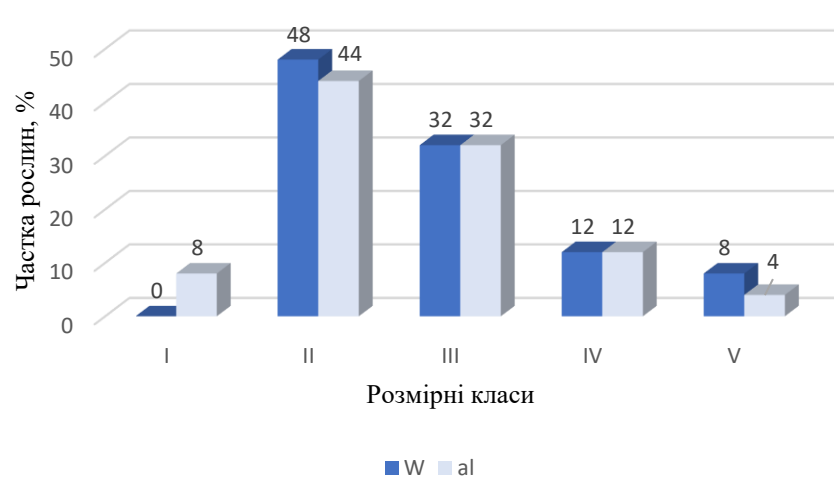
Екосистема №1



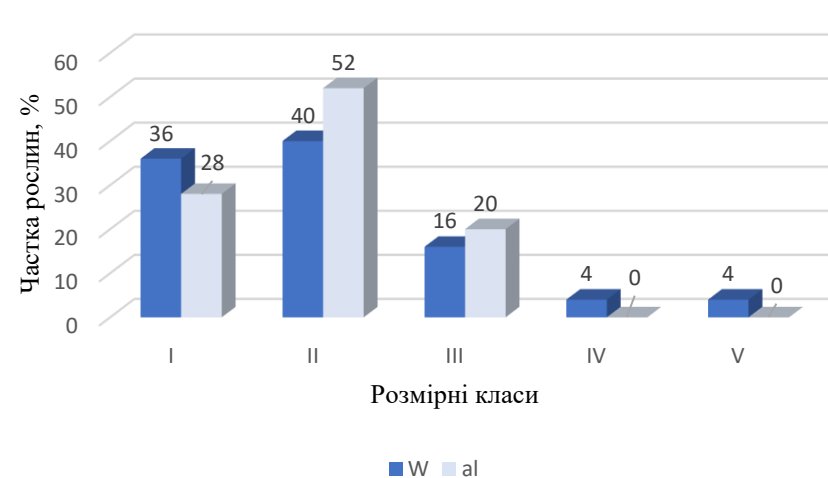
Екосистема №3



Екосистема №4



Екосистема №5



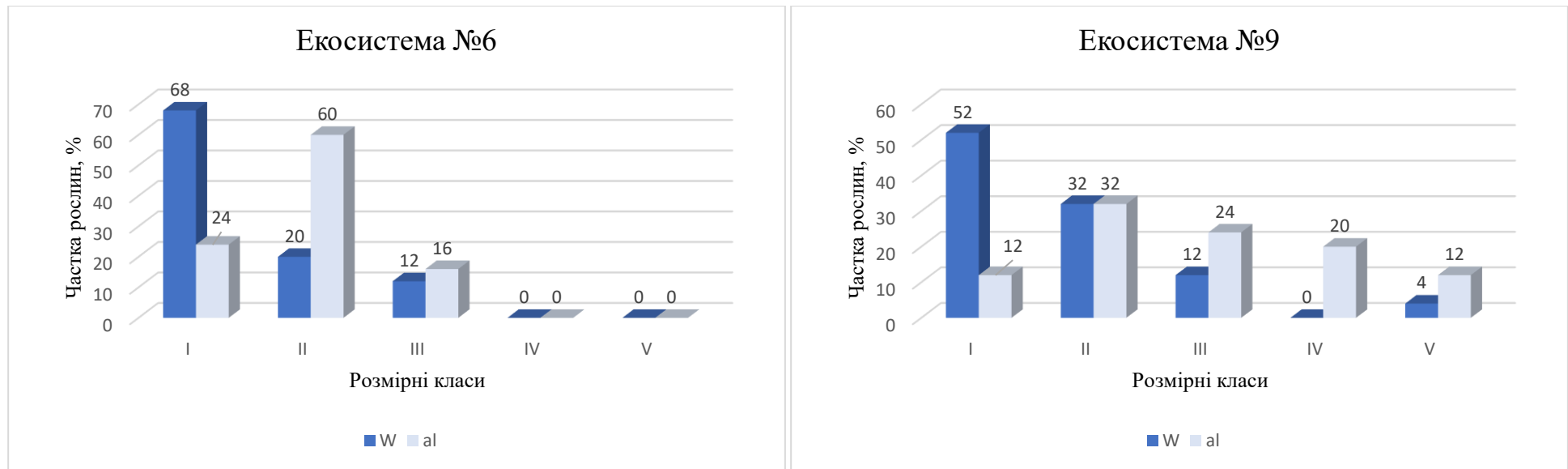


Рисунок 5.38. Розмірна структура популяцій *Lathyrus vernus* за показниками загальної фітомаси та середньої площі окремого листка

Таблиця 5.16.

Узагальнена інформація про розмірну структуру популяцій *Lathyrus vernus* (з урахуванням значень двох ознак)

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Вік деревостану, років та вікова група	Характеристики розмірних спектрів ¹			
			континуальний (К) /дискретний (Д)	симетричність	повнота	ступінь повноти (2), %
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	55 (середньовіковий)	К	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	80
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	99 (стиглий)	К	<u>Лівосторонній</u>	Неповний	90
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	107 (перестійний)	К	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	90
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	118 (перестійний)	К	<u>Лівосторонній</u>	Неповний	80
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	133 (перестійний)	К	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	60
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	156	К	<u>Лівосторонній</u>	<u>Неповний</u>	90

Примітка: підкреслено випадки, де є співпадіння характеристик розмірної структури, що визначені за однією та двома ознаками

як за загальною фітомасою, так і за середньою площею окремого листка. Розмірні спектри за двома ознаками, як і за однією є континуальними та здебільшого неповними й лівосторонніми.

Аналіз розмірної структури популяції *A. europaeum* за величинами двох показників був доповнений визначенням величин індексу різноманітності розмірної структури (IDSS) (табл. 5.17). Встановлено, що найвищими показниками індексу різноманітності розмірної структури (52%) вирізняються популяції стиглого лісу (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*), який включений в систему екологічного лісогосподарського менеджменту. Найнижчі показники цього індексу зареєстровані у популяціях перестійного лісу (екосистема №6, угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus*). Значення IDSS в екосистемі, у якій реалізується увесь комплекс заходів із ведення лісового господарства, у т. ч. заготівля деревини, становить 44%, у пралісі – 36%, а в екосистемах, де започатковано лісогосподарський екологічний менеджмент – варіюють у межах 28-52%.

Результати вивчення розмірної структури (показників повноти розмірних спектрів, значеннями IDSS) було узагальнено на основі використання кластерного аналізу (рис. 5.39). Встановлено, що за комплексом її ознак найвищий рівень подібності (при значеннях евклідової відстані 5,7 од.), як і за сукупністю величин морфопараметрів, проявляють популяції із перестійного лісу віком 118 років (екосистема №5, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*), популяція із екосистеми праліси (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*), які формують чітко виражений та відокремлений кластер. Наближеною до них (при значеннях евклідової відстані 9,1 од.) є популяція із угруповання *Fagus sylvatica* – *Anemone nemorosa*+*Lathyrus vernus* (екосистема №6).

Таблиця 5.17.

Розмірна структура та індекси різноманітності розмірної структури популяцій *Lathyrus vernus*

Морфопараметри				Досліджувані популяції із різних екосистем та частка (%) рослин відповідних класів у них					
загальна фітомаса (г) W		площа 1 листка, (см ²) al		№1	№3	№4	№5	№6	№9
клас	амплітуда	клас	амплітуда	%	%	%	%	%	%
I	1,20-2,12	I	0,70-2,58				8	24	12
I	1,20-2,12	II	2,59-4,46	8			20	40	24
I	1,20-2,12	III	4,47-6,34	4	4		8	4	16
I	1,20-2,12	IV	6,35-8,22		4				
I	1,20-2,12	V	8,23-10,10	4					
II	2,13-3,04	I	0,70-2,58			4	16		
II	2,13-3,04	II	2,59-4,46	28	12	32	20	16	8
II	2,13-3,04	III	4,47-6,34	24	8	12	4	4	
II	2,13-3,04	IV	6,35-8,22	8	12				20
II	2,13-3,04	V	8,23-10,10		8				4
III	3,05-3,96	I	0,70-2,58	4					
III	3,05-3,96	II	2,59-4,46	4		12	12	4	
III	3,05-3,96	III	4,47-6,34	8	12	20	4	8	8
III	3,05-3,96	IV	6,35-8,22	4	4				
III	3,05-3,96	V	8,23-10,10	4	8				4
IV	3,97-4,88	I	0,70-2,58			4			
IV	3,97-4,88	II	2,59-4,46						
IV	3,97-4,88	III	4,47-6,34		4		4		
IV	3,97-4,88	IV	6,35-8,22			8			
IV	3,97-4,88	V	8,23-10,10		16				
V	4,89-5,80	I	0,70-2,58				4		
V	4,89-5,80	II	2,59-4,46						
V	4,89-5,80	III	4,47-6,34						
V	4,89-5,80	IV	6,35-8,22		4	4			
V	4,89-5,80	V	8,23-10,10		4	4			4
Разом				100	100	100	100	100	100
Індекс різноманітності IDSS (%)				44	52	36	40	28	36

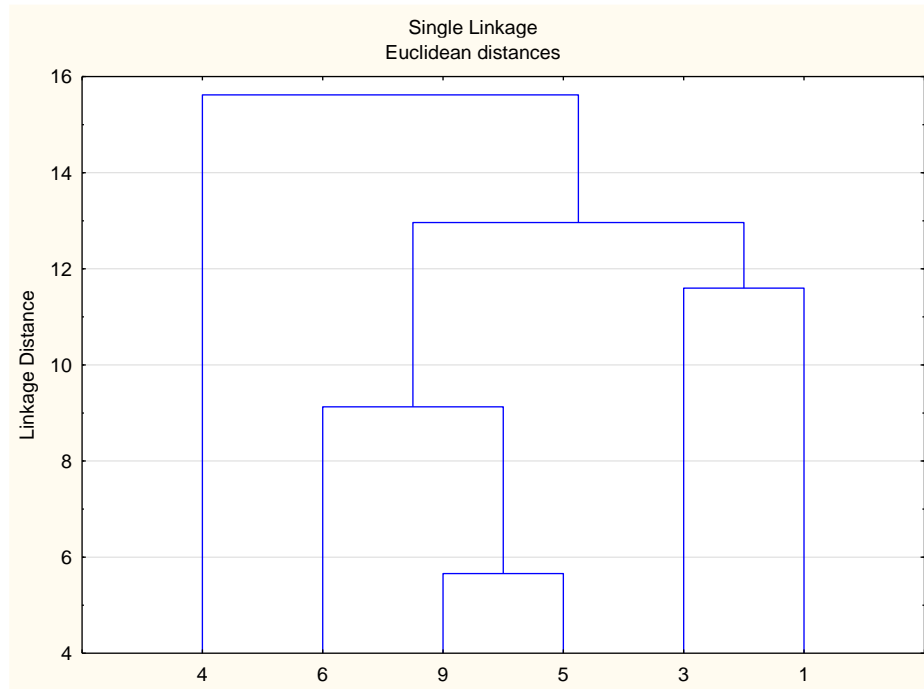


Рисунок 5.39. Результати кластерного аналізу популяцій за комплексом ознак розмірної структури *Lathyrus vernus* (нумерація популяцій відповідає табл. 5.15)

Високий рівень подібності у популяцій із екосистем №5 та №9 зареєстровано й за комплексом ознак популяційного поля (див. рис. 5.11.). Значний рівень подібності (при значеннях евклідової відстані 11,6 од.) притаманний популяціям із середньовікових лісів (екосистема №1, угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*) та стиглих лісів (екосистема №3, угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*).

Окрім того, наочно продемонстровано (за комплексом ознак розмірної структури) своєрідність популяції із угруповання *Fagus sylvatica* – *Lathyrus vernus*+*Anemone nemorosa*+*Viola hirta* (екосистема перестійного лісу №4), яка не увійшла в жоден з кластерів.

5.5. Віталітетна структура популяцій *Lathyrus vernus* та вплив на неї еколого-ценотичних чинників

При встановленні віталітетної структури популяцій *Lathyrus vernus* був реалізований загальноприйнятий алгоритм, який включав оцінку ступеня варіювання морфоознак (Додаток Е), оцінку їхніх кореляційних взаємозв'язків при побудові кореляційних дендритів та виділенні кореляційних плеяд (Додаток З), визначення факторних навантажень морфопараметрів (Додаток И). Це дозволило визначити перелік ключових (визначальних щодо рівня життєвості рослин) морфопараметрів (Додаток К) з опорою на які здійснювались фінальні розрахунки віталітетного аналізу та встановлення віталітетної структури популяцій (табл. 5.18). Встановлено, що усі популяції належать до категорії рівноважних з індексами якості (Q) від 0,2000 до 0,3000 ((Ярошенко, 2023).

Таблиця 5.18

Віталітетна структура популяцій *Lathyrus vernus*

№ екосистеми	Частка рослин певного класу віталітету			Значення індексу якості (Q)	Віталітетний тип популяції
	вищого класу (a)	проміжного класу (b)	нижчого класу (c)		
1 ⁺	0,3667	0,1333	0,5000	0,2500	рівноважний
2 ⁺	0,3333	0,1111	0,5556	0,2222	рівноважний
3 [»]	0,5667	0,0333	0,4000	0,3000	рівноважний
5 [»]	0,2333	0,1667	0,6000	0,2000	рівноважний
6 [»]	0,4194	0,0645	0,5161	0,2419	рівноважний
7 [*]	0,2000	0,3333	0,4667	0,2667	рівноважний

Незважаючи на те, що всі популяції *L. vernus* репрезентують одну віталітетну категорію і мають відносно незначний діапазон варіювання значень індексу Q, детальне вивчення розподілу величин цього показника засвідчило прояв взаємозумовленості (за І.В. Зубцовою) із системою онтогенетичних індексів (показників), які характеризують онтогенетичну та розмірну структуру (Зубцова, 2020). Збільшення рівня віталітету популяцій *L. vernus* супроводжується проявом тенденції до зростання індексу генеративності

($r=0,18515$), індексу ефективності ω (за Л.А. Животовським) ($r=0,22095$), індексу віковості (за І.М. Коваленком) ($r=0,37296$).

Зареєстровано збільшення значень індексу якості Q при зростанні віку ярусу деревостану від 99 до 156 років (рис. 5.40). Стосовно видового складу ярусу деревостану маємо відзначити, що популяції, які зростають під наметом монодомінантних букових лісів, порівняно з іншими досліджуваними угрупованнями, вирізняються вищими значеннями індексу якості: екосистема пралісу (№9, угруповання *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*) - індекс якості $Q = 0,2667$, екосистема перестійного лісу (№4, угруповання *Fagus sylvatica* - *Lathyrus vernus* + *Anemone nemorosa* + *Viola hirta*) - індекс якості $Q = 0,3000$.

На показниках якості популяцій *L. vernus* відбиваються й показники проективного покриття ярусу трав (рис. 5.41) та домінантів (рис. 5.42). Встановлено, що найвищий рівень життєвості популяцій реєструється у фітоценозах, де загальне проективне покриття ярусу трав становить близько 70-90%, а домінантів – 40-50%. Зниження рівня віталітету популяцій *L. vernus* при вищих показниках проективного покриття свідчить про досить чутливе реагування рослин та популяцій цього виду на посилення міжвидової конкуренції, яка загострюється при збільшенні показників проективного покриття та щільнішого розташування рослин у фітоценозі.

Встановлено, що значення індексу Q зростають у наступній послідовності видів-домінантів: *Anemone nemorosa* → *Allium ursinum* → *Asarum europaeum* → *Lathyrus vernus* (рис. 5.43.). Тобто, маємо факт прояву пригнічуючої дії *Anemone nemorosa* на рівень життєвості популяцій *L. vernus*.

Разом з тим у популяцій *L. vernus* проявляється тенденція до збільшення значення індексу якості Q при зростанні показників популяційної щільності у діапазоні 15-30 шт/м² (рис. рис. 5.44.).

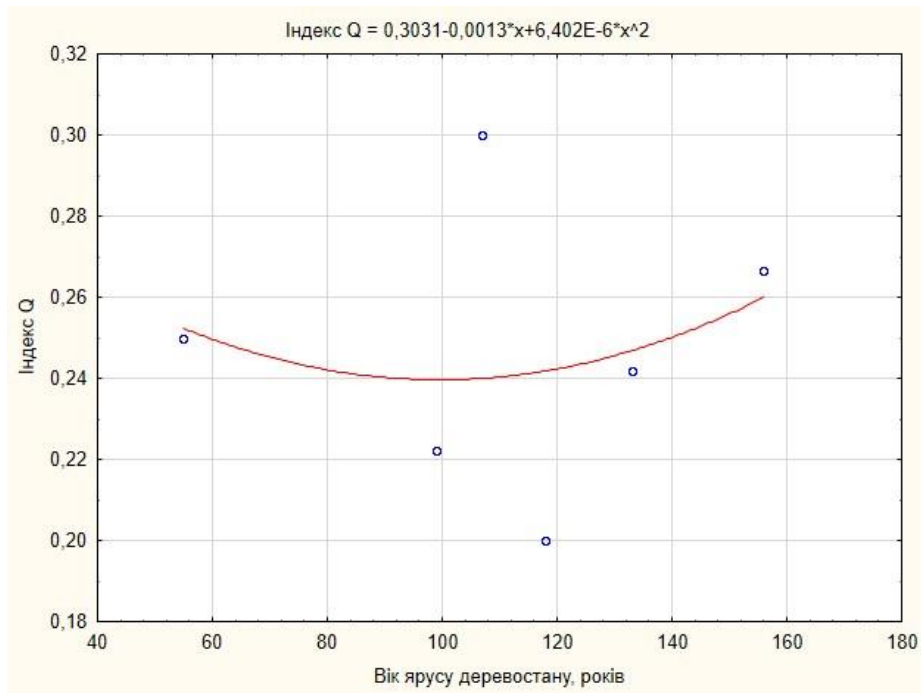


Рисунок 5.40. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* значень індексу Q при зміні віку ярусу деревостану

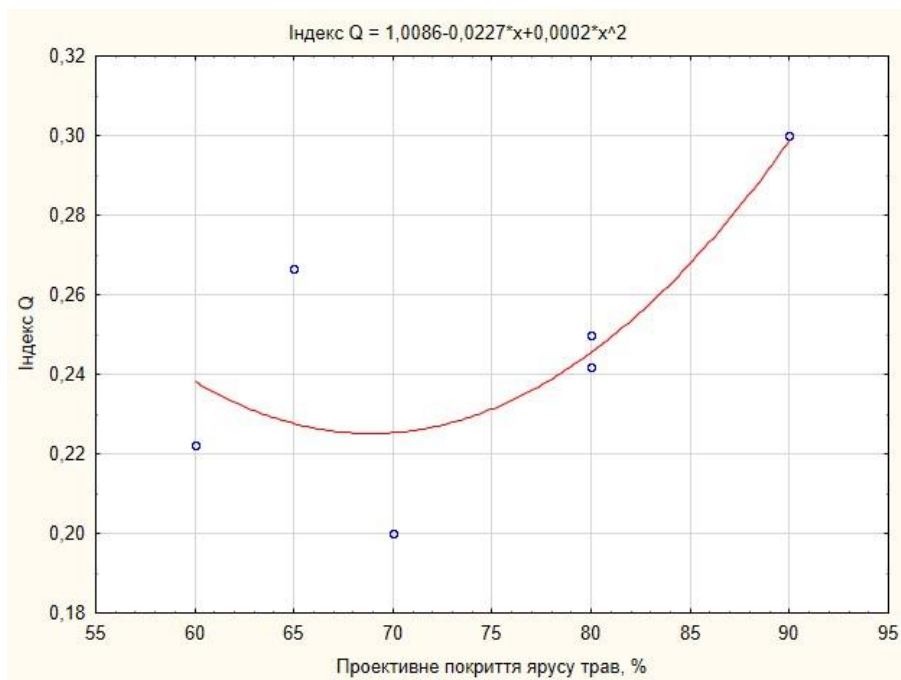


Рисунок 5.41. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* значень індексу Q при зміні проективного покриття ярусу трав

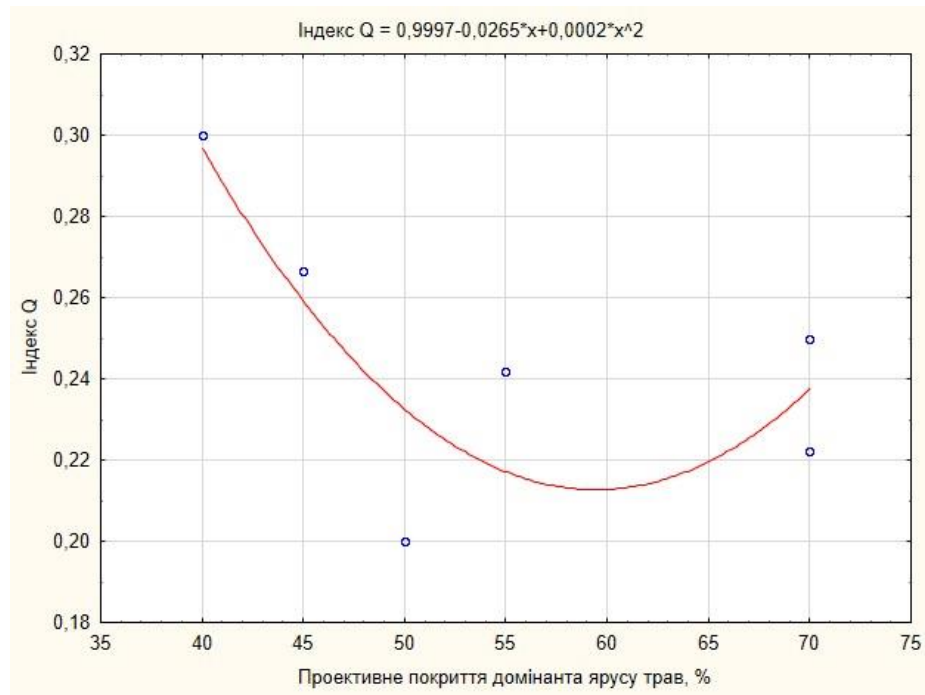


Рисунок 5.42. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* значень індексу Q при зміні проективного покриття домінант ярусу трав

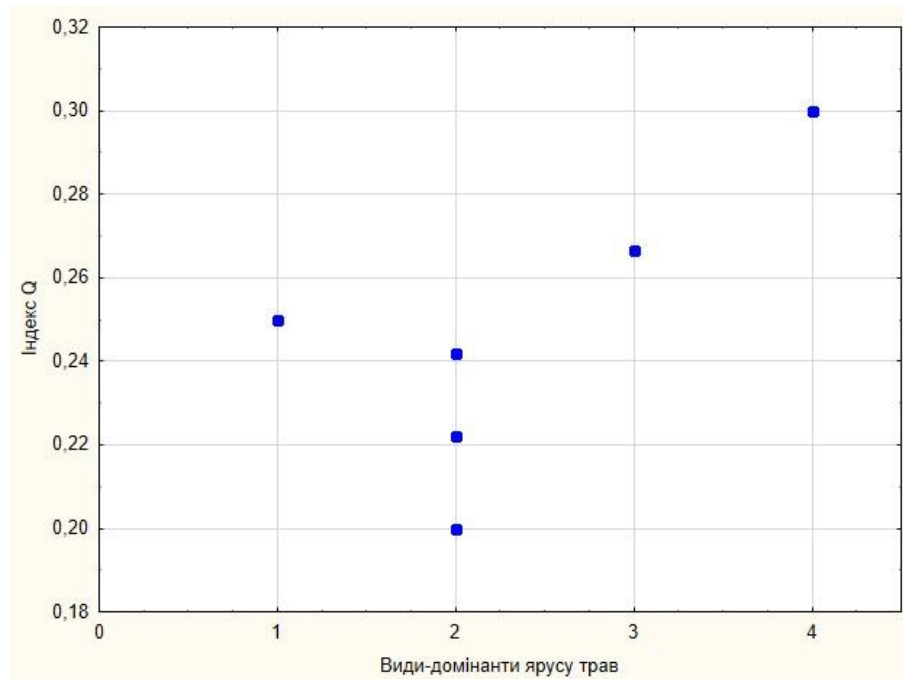


Рисунок 5.43. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* значень індексу Q при зміні видового складу домінант ярусу трав.

Номерами позначено наступні-види домінанти:

1. *Allium ursinum*; 2. *Anemone nemorosa*; 3. *Asarum europaeum*; 4. *Lathyrus vernus*

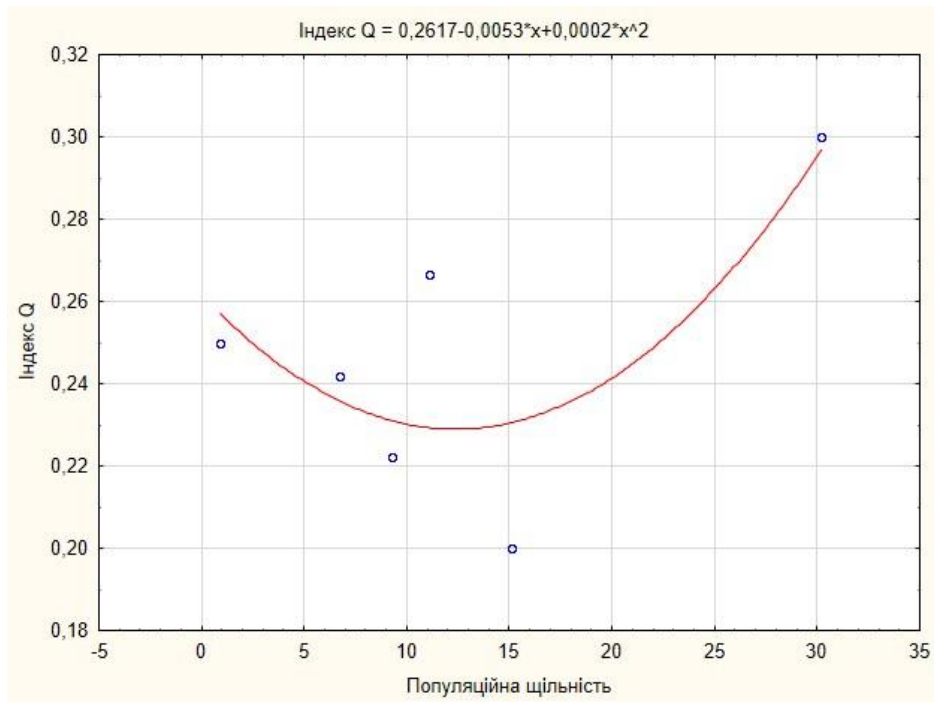


Рисунок 5.44. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* значень індексу Q при зміні величин його популяційної щільності

Аналіз впливу провідних екоцифр на життєвість популяції *L. vernus* був здійснений із застосуванням кореляційного аналізу (табл. 5.19). Спостерігається тісна пряма залежність щодо збільшення індексу якості популяції Q від підвищення значень рН ґрунту ($r = 0,925710$), що наочно видно на графіку (рис. 5.45).

Таблиця 5.19.

Результати кореляційного аналізу
(значення коефіцієнту парної кореляції Пірсона r)

Ознаки	Індекс якості популяції Q, коефіцієнт
Середня освітленість, Лк	0,000809
Середня вологість ґрунту, %	-0,231053
Середня кислотність ґрунту, рН	0,925710*
Вміст органічної речовини, %	0,219621

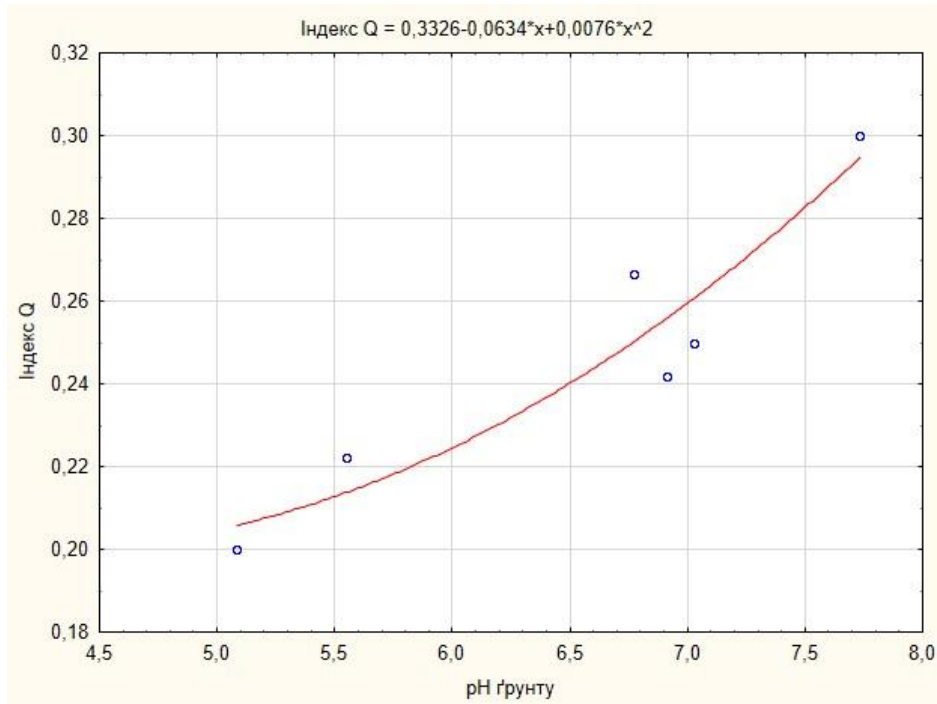


Рисунок 5.45. Зміна у популяції *Lathyrus vernus* значень індексу Q при зміні рівня рН ґрунту

Значення індексу Q не проявили однозначних та чітко виражених змін залежно від рельєфу: на тіньових схилах (схилах північної експозиції) вони були як вищими, так і нижчими ніж на сонячних схилах (схилах південної експозиції) (рис. 5.46).

Популяції, які зростали у лісах, які включені до системи традиційного лісокористування, поступались за величинами індексу якості Q популяціям із пралісів і окремим фітоценозам, де запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент (рис. 5.47).

Інформація про віталітететні характеристики популяцій *L. vernus* у різних місцезростаннях та тлі дії екоциників також узагальнена та унаочнена в додатках Л, М.

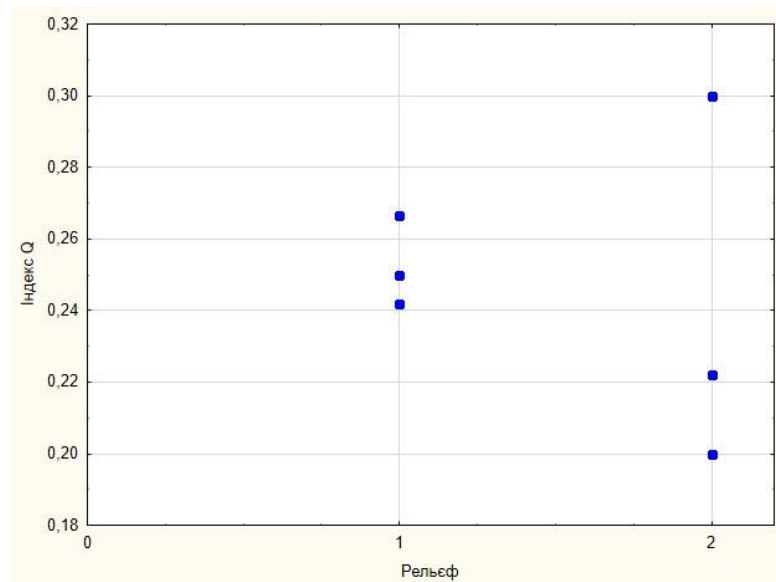


Рис. 5.46. Значення індексу Q у популяції *Lathyrus vernus* при різних характеристиках рельєфу (1 – схил південної експозиції; 2 – схил північної експозиції)

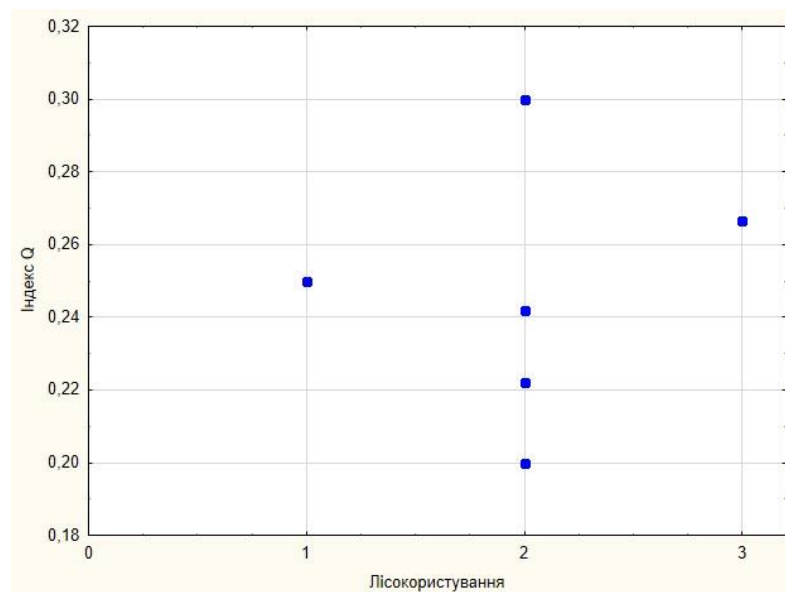


Рис. 5.47. Значення індексу Q у популяції *Lathyrus vernus* при різних системах системи лісокористування (1 – здійснюється ведення лісового господарства із заготівлею деревини; 2 – запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент; 3 – праліс, запроваджено природоохоронний режим)

Для деталізації інформації щодо впливу провідних екоцифр на життєвість популяцій *L. vernus* були розроблені й тривимірні моделі, приклади яких наведені на рисунках 5.48.-5.50. Вони загалом підтвердили ті тренди та тенденції в реагуванні значень індексу Q на вплив екоцифр, які були описані вище.

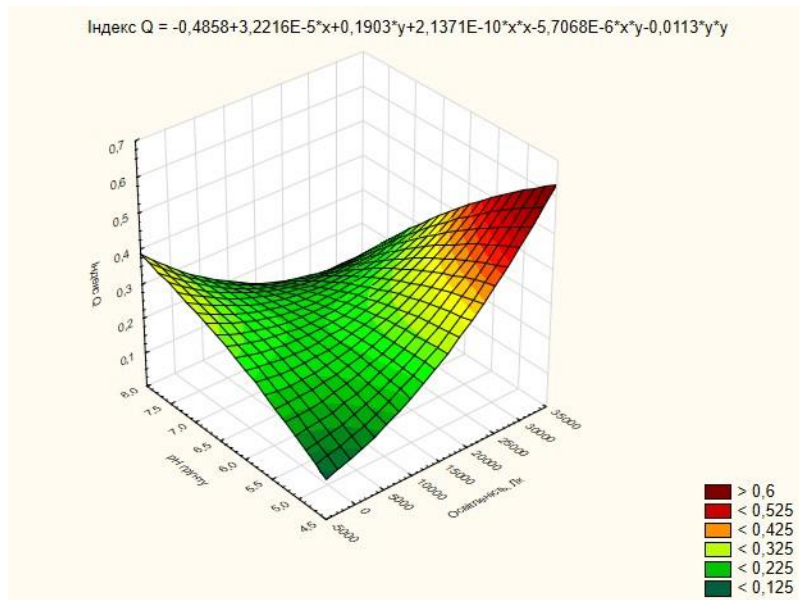


Рисунок 5.48. Тривимірний графік зміни значень індексу Q у популяції *Lathyrus vernus* залежно від освітленості під наметом лісу та рН ґрунту

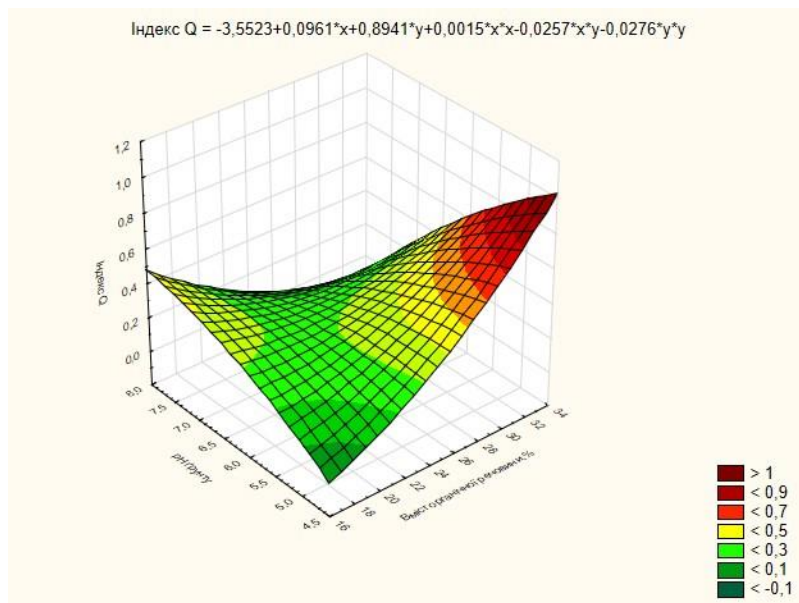


Рисунок 5.49. Тривимірний графік зміни значень індексу Q у популяції *Lathyrus vernus* залежно від вмісту органічної речовини та рН ґрунту

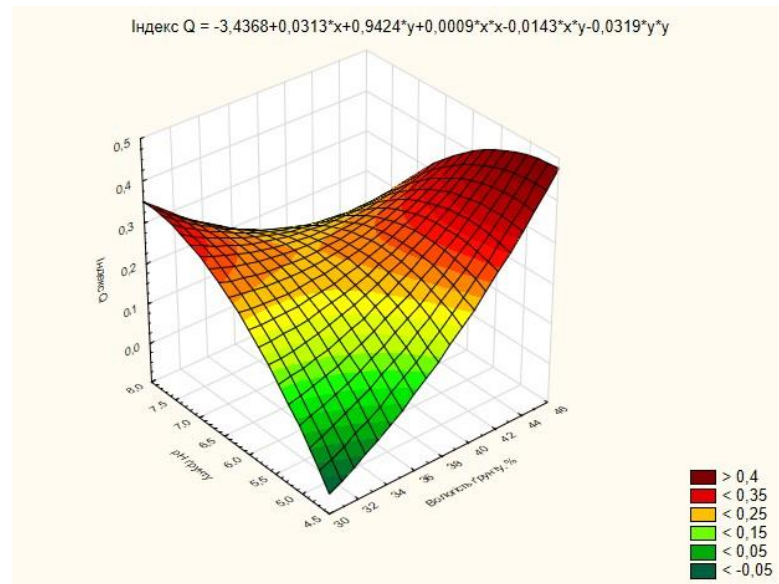


Рисунок 5.50. Тривимірна модель зміни значень індексу Q у популяції *Lathyrus vernus* залежно від вологості ґрунту та його рН

У підсумку, комплексний аналіз впливу екоцифників на рівень життєвості, значення індексу Q дозволив визначити параметри еколого-ценотичного оптимуму для рівня віталітету популяцій *L. vernus* в Геттінгенському лісі (табл. 5.20). Цим було засвідчено важливість щодо визначення рівня віталітету популяцій даного виду значень сукупності абіотичних чинників, характеристик фітоценозів та системи лісокористування.

Таблиця 5.20.

Параметри еколого-ценотичного оптимуму для рівня віталітету популяцій *Lathyrus vernus* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Кислотність ґрунту	pH =7,7
Вміст органічних речовин в ґрунті	20–24%
Вік деревостанів	155 років
Освітленість	5000–10000 Лк
Вологість ґрунту	36 %
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	90%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	40%.
Домінант ярусу трав	<i>Lathyrus vernus</i>
Популяційна щільність	30 шт./м ²
Лісокористування	Праліс

5.6. Комплексна характеристика стану популяцій *Lathyrus vernus*

Отже, за результатами проведених нами досліджень встановлено комплекс величин провідних популяційних ознак *L. vernus* (табл. 4.21). У свою чергу це дозволило виділити екосистеми, у складі яких сформувалися популяції даного виду із показниками, що є найбільш сприятливими для забезпечення сталого та довготривалого функціонування популяцій у складі екосистем Геттінгенського лісу. Такі лісорослинні умови можуть розглядатися як умови еколого-ценотичного оптимуму для популяцій *L. vernus* за сукупністю популяційних характеристик.

Встановлено, що у Геттінгенському лісі параметрам комплексного еколого-ценотичного оптимуму відповідають умови екосистем №4 та №9 (відповідно, угруповань *Fagus sylvatica* + *Prunus cerasus* – *Lathyrus vernus* + *Anemone nemorosa* + *Viola hirta* та *Fagus sylvatica* – *Asarum europaeum*+*Stellaria holostea*). Популяції із даних екосистем мають найвищі, або одні з найвищих, показників популяційної щільності, а рослини – значення морфопараметрів.

Окрім того, рослини із популяцій зазначених екосистем характеризуються найвищою життєвістю, а популяції - найвищими значеннями індексу якості Q (на рівні 0,3000 та 0,2667). Інформація щодо комплексного популяційного еколого-ценотичного оптимуму для *L. vernus* узагальнена в таблиці 4.22.

Таблиця 4.21.

Комплексна характеристика стану популяцій *Lathyrus vernus* у різних лісових екосистемах

№ екосистеми	Лісовий фітоценоз (назва за домінантною системою)	Популяційна щільність, шт./м ²	Індекс генеративності, %	Індекс відновлюваності, %	Онтогенетичний тип популяції	Індекс якості Q
1 ⁺	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer platanoides</i> – <i>Allium ursinum</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Euphorbia amygdaloides</i>	0,9±0,9	50,00	50,00	молода	0,2500
3 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Fraxinus excelsior</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Dentaria glandulosa</i>	9,3±2,2	61,90	19,05	перехідна	0,2222
4 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> - <i>Lathyrus vernus</i> + <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Viola hirta</i>	30,2±10,7	89,71	10,29	зріла	0,3000
5 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Acer pseudoplatanus</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Asarum europaeum</i>	15,1±5,3	82,35	8,82	зріла	0,2000
6 [»]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Anemone nemorosa</i> + <i>Lathyrus vernus</i>	6,7±3,4	33,33	60,00	молода	0,2419
9 [*]	<i>Fagus sylvatica</i> – <i>Asarum europaeum</i> + <i>Stellaria holostea</i>	11,1±3,3	64,00	20,00	зріла	0,2667

Таблиця 4.22.

Еколого-ценотичного оптимум для комплексу провідних популяційних ознак *Lathyrus vernus* в Геттінгенському лісі

Чинник	Значення (характеристики) чинника
Освітленість	767; 2959 Лк
Кислотність ґрунту	pH = 6,77; 7,73
Вміст органічних речовин в ґрунті	19,5; 28,4%
Вік деревостанів	107; 156 років
Вологість ґрунту	31,9; 42,4%
Ліси за видовим складом ярусу деревостану	Монодомінантні букові ліси (<i>Fagus sylvatica</i>)
Загальне проєктивне покриття ярусу трав	65–90%
Проєктивне покриття домінанту ярусу трав	40–45%.
Лісокористування	Ліси, у яких запроваджено лісогосподарський екологічний менеджмент або праліси

Виділені нами показники оптимуму за низкою екочинників (освітленістю, рН ґрунту та його вологістю, вмісту у ґрунті органічних речовин, віку деревостану) мають дискретний, а не континуальний ряд показників. На нашу думку, це вказує на те, що у визначенні стану популяцій *L. vernus* важливу роль відіграють не лише абсолютні значення екочинників, а й взаємодія екочинників між собою. Це було наочно продемонстровано нами за результатами розробки тривимірних моделей формування показників індексу якості Q на тлі взаємодії екочинників.

За результатами досліджень, представлених у розділі 5 опубліковано 1 наукова праця (Ярошенко, 2023).

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ГЕТТІНГЕНСЬКОГО ЛІСУ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Внаслідок змін клімату екосистеми лісів піддаються впливу екологічних факторів, які фундаментально відрізняються від минулого. Ознаки змін клімату, такі як підвищення температури, зміни в інтенсивності та розподілі опадів, збільшення кількості екстремальних погодних явищ значно змінять екологічний та економічний контекст для виробництва в лісовій промисловості, а також функцію лісів у сільськогосподарських ландшафтах.

6.1 Загальні засади лісогосподарського менеджменту Німеччини

Більшість лісової площі в Німеччині знову відновлюється природним шляхом. Частка штучно відновленої лісової площі в останні роки становить близько 40%. Лише у випадку штучного відновлення існує можливість зміни непридатних джерел насіння (походжень) та внесення в ліс цільового селекційно покращеного матеріалу (Häusler, Scherer-Lorenzen, 2002).

На сьогодні у лісовому господарстві Німеччини поширення отримала система екологічного менеджменту, що побудована на функціональних стандартах, яка знайшла своє втілення у міжнародних схемах лісової сертифікації: FSC (The Forest Stewardship Council) та PEFC (Programme Endorsement Forest Certification – Програма схвалення лісової сертифікації). Усі лісничі Німеччини мають фахову освіту та карти своїх лісів з 1795 року і являються найголовнішими особами у лісовому господарстві. Вони керують впровадженням екологічного менеджменту та особисто приймають рішення щодо робіт на території, за яку вони відповідають (Фітісов, 2017; Прес-Центр Екобезпека, 2020).

Відповідно до Національної стратегії по біологічному різноманіттю Федеральне міністерство навколишнього середовища, захисту природи, будівництва та безпечності реакторів (BMUB) щорічно перевіряє розвиток стану біологічного різноманіття в Німеччині. Для лісового господарства оцінюється

такий індикатор як «Частка сертифікованої відповідно до PEFC або FSC площі лісу, відносно загальної площі лісу». Так, наприклад, за даними Федеральної служби захисту природи (2016) частка площі лісу, сертифікованої за PEFC, в 2016 році зростає у порівнянні з 2000 роком в 2.3 рази (з 28,6% до 66.8%), а сертифікованої за FSC за цей же період – в 5.5 рази (з 1.9% до 10,5%) (Зетцер, 2018).

У Нижній Саксонії з 2018 р. спостерігається виражений тренд підвищення температури. Вищі температури в поєднанні з меншим опадами мають виразні наслідки для водного балансу. Завдяки вищим температурам рослинність споживає більше води, і відбувається збільшена випаровуваність на поверхні, що частково не компенсується дощем: драматичні наслідки даного явища можна було спостерігати у рекордно сухому 2018 році. Це призвело до зниження вмісту вологи у ґрунтах, зменшення швидкості поновлення ґрунтових вод та зниження рівнів ґрунтових вод, низьких рівнів стоків у річках та збільшення загрози лісовим пожежам. Ці зміни в доступності води можуть мати наслідки для громадського водопостачання, сільського господарства та лісівництва, а також для природних екосистем у найближчий час (Klimafolgenmonitoringbericht, 2023).

Стає очевидним, що зміна клімату потребує регіональних адаптацій в Нижній Саксонії. Для цього необхідний постійний моніторинг, який високочастотно виявляє зміни та робить відповідні області діяльності видимими на регіональному рівні. Тому важливо розширювати існуючі мережі вимірювань та розширювати наявні бази даних за допомогою додаткових джерел інформації.

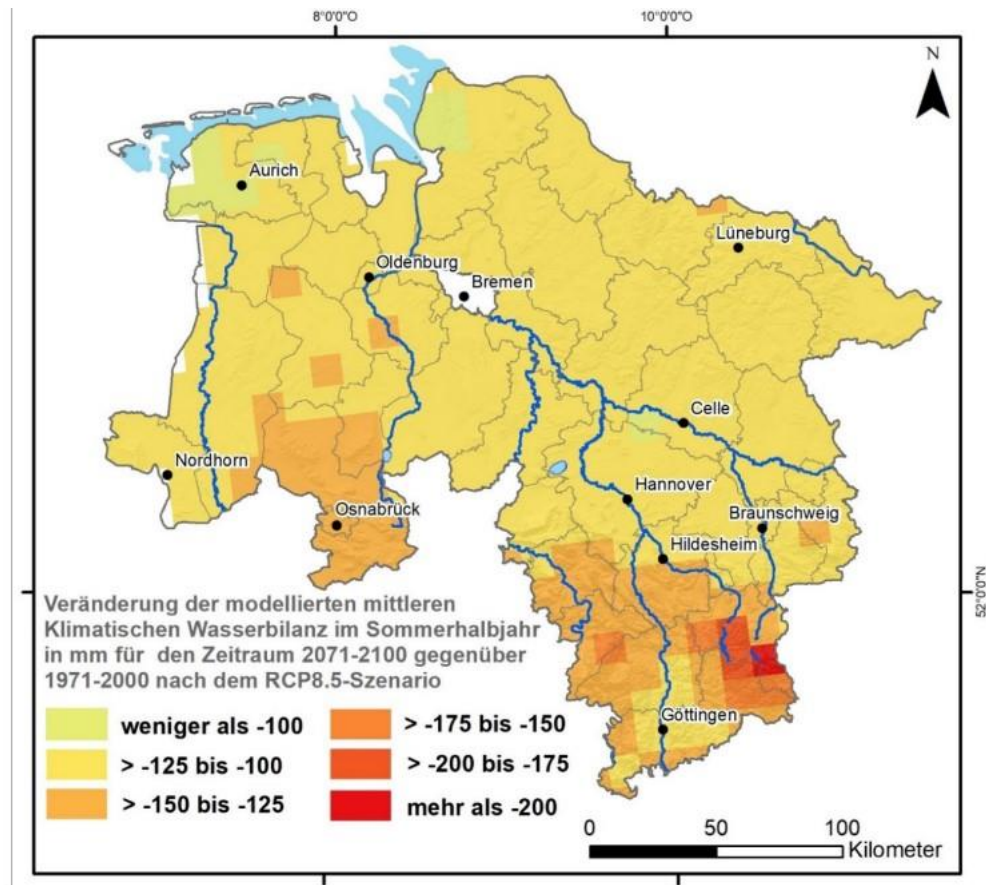


Рисунок 6.1. Мапа посух Нижньої Саксонії (За даними «Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen», 2020 (Вплив зміни клімату на ґрунти в Нижній Саксонії))

Щоб зберегти природні продуктивні ліси, їх потрібно пристосовувати до змінених умов росту та виживання, які спричинені зміною клімату. Управління лісами в Німеччині відбувається головним чином в рамках «природного лісівництва». До нього входить підтримка місцевих або природно відповідних видів дерев, відмова від рубок, перевага природного відновлення лісів, створення змішаних та структурно різноманітних лісів, а також втручання з урахуванням збереження окремих дерев (Spathelf, 1997). Збільшена різноманітність видів та структури в лісах, які відновлюються природно, може підтримувати адаптацію лісів. Однак, обмеження штучного висадження видів дерев ускладнюють використання та поширення дерев, які вже виявилися добре пристосованими. Це зменшує можливість внесення високоякісного лісницького матеріалу з кращим потенціалом росту та підвищеною стійкістю до абіотичних та біотичних факторів шкідливості. Крім того, менші інтенсивності втручань зменшують

поширення стресостійких видів піонерних дерев. Це може викликати конфлікт між принципами природного лісівництва та оптимальною адаптацією лісів до зміни клімату.

Вимоги до невикористовуваних лісів, які залишені на природний розвиток, включені до Національної стратегії біорізноманіття (НБС) як 5% цільової частки лісового фонду. Крім того, 2% площі країни визначено як дикі території (включаючи ліси). У невикористовуваних лісах, окрім зберігання вуглецю в живих деревах, баланс CO₂ вкладається також в запаси деревини та утворення гумусу в лісовому ґрунті.

Проте, невикористання деревини заважає заміщенню енергоефективних матеріалів (сталі, бетону, пластмаси). Оскільки цей ефект заміщення використовуваних лісів явно переважає ефект накопичення вуглецю, використання лісів з точки зору охорони клімату є корисним, особливо якщо виготовляються довговічні дерев'яні вироби (будівлі, меблі) (Rock, Volte, 2002). У випадку каскадного використання ця перевага ще більше зростає.

Різні функції охорони природи використовуваних та невикористовуваних лісів можуть бути оцінені в різний спосіб. Мертва деревина великою кількістю та розміром, а також особливі структури на живих деревах, такі як лісові дупла, розкладені дерева чи ламані крони, мають велике значення для рідкісних та зникаючих видів тварин і рослин (Winter, 2005). У використовуваних лісах не досягнуто бажаного натуро-охоронного мінімуму в середньому на 30 м³/га). Підвищення запасів мертвої деревини на 10 м³/га вимагатиме відмови від використання понад 2 м³/га/рік протягом 20 років (Kroiher, Oehmichen, 2010; Müller, Bütler, 2010).

Отже, країни ЄС, зокрема Німеччина, активно впроваджують адаптивні форми лісогосподарського менеджменту, коригуючи їх відповідно до фіксованих змін клімату та їх наслідків. Даний досвід корисний Україні для підтримки впровадження низки реформ лісогосподарського сектору та протидії кліматичним змінам на локальному та регіональному рівнях. Для досягнення вагомих результатів є потреба у проведенні моніторингових досліджень на різних ярусах лісу.

6.2. Моніторингові дослідження

Впливи людських і природних факторів на екосистему лісу досліджує і документує відділ Інтенсивного моніторингу довкілля Геттінгенського лісу. Результати цього дослідження дають особливо всебічну картину стану лісів: охоплюються метеорологічні та хімічні умови навколишнього середовища, зокрема якість повітря, опади, температуру і хімічні надходження. На деревах детально досліджуються голки, листя, плоди, а також показники росту дерев. Велику увагу приділяють ґрунту щодо його фізичних, хімічних і біологічних властивостей. На близько п'ятдесяти ділянках інтенсивного моніторингу здійснюються детальні спостереження за мікрокліматом, водним та речовинним балансом ґрунтів, а також за живленням та ростом дерев. Ці ділянки представляють типові умови місцевості та лісових насаджень у північно-західних низинах і гірських районах Німеччини (Kleinschmit, 2019).

Завдання моніторингу полягає в тому, щоб виявляти, аналізувати та оцінювати впливи на довкілля, їх зміни та наслідки для лісу. Це дозволяє своєчасно виявляти ризики та приймати обґрунтовані рішення у лісовому господарстві та екологічній політиці на різних рівнях – від місцевого до міжнародного. Інше важливе завдання моніторингу довкілля у лісі — контроль ефективності заходів з охорони довкілля (Yaroshenko, 2023).

У процесі моніторингу приділяють увагу й питанням лісовідновлення та оцінки стану лісів різного походження. Загалом завдання лісовідновлення полягає в тому, щоб шляхом створення нових насаджень і омолодження, а також догляду і сталого використання деревини, спрямовувати розвиток лісу таким чином, щоб виконувати функції, визначені власниками лісів та суспільством. Для того, щоб надати наукові основи діячам на місцях – власникам лісів і лісівникам – і допомогти їм оптимально виконувати ці завдання, в відділі зростання лісу супроводжують численні експериментальні ділянки. Результати багаторічних досліджень на цих ділянках безпосередньо впливають на відповідні рекомендації до дій, що передбачає оптимальне збалансування використання деревини та створення сприятливих умов для наступного покоління лісу з огляду на потребу

в світлі і ресурсах. Тому фахівці з омолодження, догляду та використання лісу тісно співпрацюють у цій галузі досліджень (O'Hara, 2016).

Кліматичний звіт Нижньої Саксонії (2018) та Дослідження впливу клімату на Нижню Саксонію (2019), показують, що кліматичні зміни та їх наслідки можуть продовжитися в майбутньому. Для сповільнення процесу зміни клімату є потреба продовжувати розвивати моніторингові заходи з його захисту за принципом запобіжності.

Важливо відзначити, що Геттінгенський ліс є достатньо насиченим з точки зору закладених дослідних ділянок та проведення безпосередньо вегетаційного моніторингу. Отримані дані використовуються для порівняльного аналізу, зокрема фенофазних результатів досліджень (Schmidt, 2005).

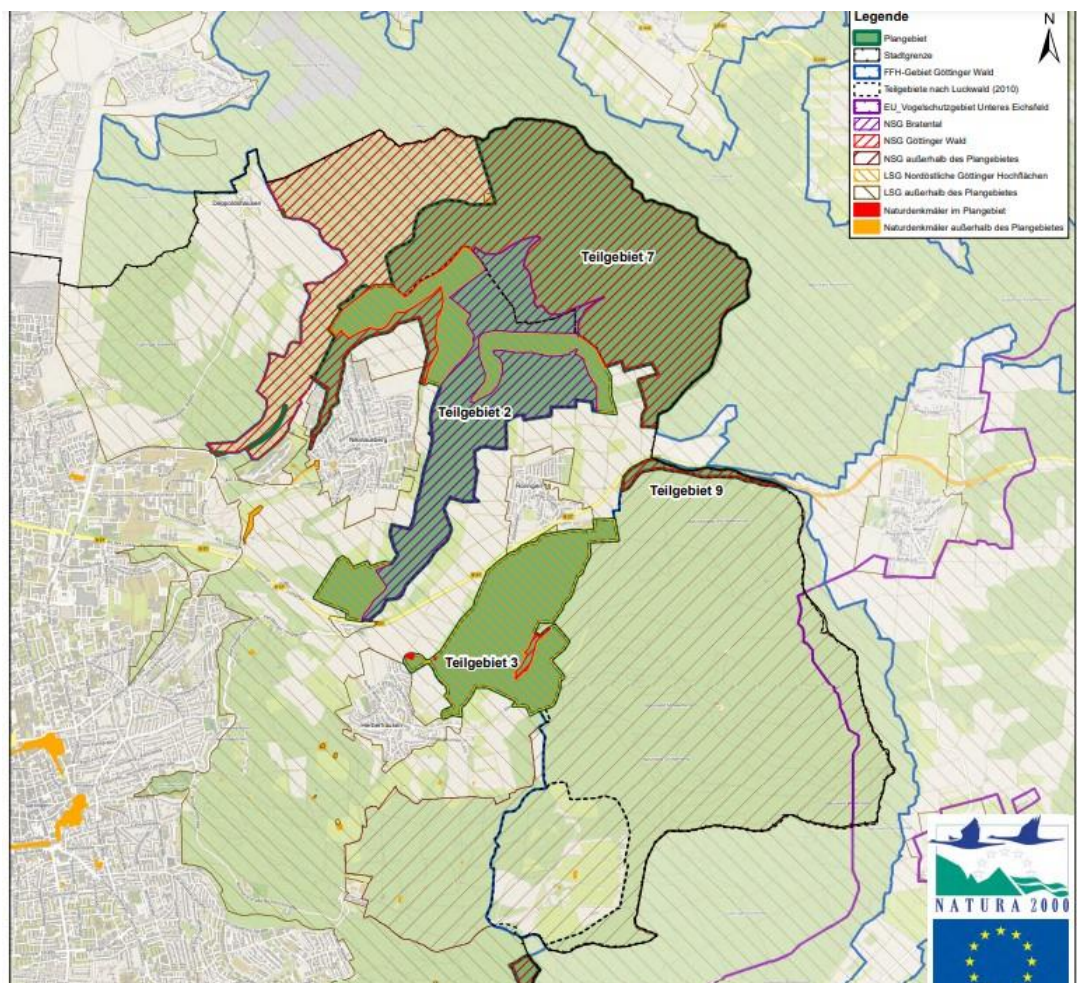


Рисунок 6.2. Мапа моніторингових ділянок Геттінгенського лісу станом на липень 2022 (За даними «Managementplan für das FFH-Gebiet 138 „Göttinger Wald“ (DE 4325-301) Teilbereich Stadt Göttingen»)

Знання екологічних особливостей видів дерев відіграє вирішальну роль у процесі омолодження та створення лісів. Наприклад, у досліджах із сівби Інститут досліджує вимоги до стану верхнього шару ґрунту і необхідної кількості світла для оптимального розвитку сіянців і молодих дерев (Naaf, Wulf, 2007). Крім того, підтримуються тестові ділянки для різних видів рослин і методів посадки, а також для підготовки ґрунту. Діапазон методів включає посадку однорічних диких рослин за допомогою спеціальних лопат, використання контейнерних рослин, а також посадку окремих видів із застосуванням посадкових екскаваторів. Особливу увагу приділяють розвитку кореневої системи залежно від методу посадки.

У дослідженнях зі зростання лісу вивчають, скільки дерев потрібно висадити на одиниці площі, які види та кількість слід видаляти з часом, щоб найкраще досягти цілей продуктивності, стабільності та зберігання вуглецю. Це залежить від місцевості, видів дерев і їхніх сумішей. Так проводиться більшість різних експериментів у лісах Північної та Центральної Німеччини, які контролюються, вимірюються і аналізуються. Ці експерименти виконуються для тих самих видів дерев і їхніх сумішей у різних варіантах та інтенсивності втручання.

Поряд із вибором місцевих видів дерев відповідно до умов місцевості, все більше значення надається придатності для посадки немісцевих видів у зв'язку зі зміною клімату. В Інституті моніторингу уже зроблено певні висновки щодо придатності деяких інтродукованих видів дерев на основі тривалих спостережень та експериментів (Winter, 2005).

Спостереження за такими експериментами за фіксованими, прозорими концепціями протягом багатьох десятиліть дозволяє виміряти вплив змін у навколишньому середовищі. Для старих лісових насаджень це дає відповіді на важливі питання щодо стійкості: скільки деревини можна зібрати за певний час, не порушуючи стабільність насаджень і основні вимоги до охорони природи і навколишнього середовища. Важливими аспектами є також перебудова сучасних монокультурних насаджень із максимально природним омолодженням лісів, що повинно йти рука об руку з постійним, сталим використанням деревини.

У репрезентативній мережі з 173 природних лісових резерватів Інститут досліджує самодинамічний розвиток лісів. Тематичні акценти включають демографію деревних насаджень, їх реакцію на екологічні порушення, здатність до регенерації та розвиток видового і структурного різноманіття. При цьому розглядаються відмінності між лісами з природним розвитком і господарськими лісами.

Основна увага досліджень Інституту моніторингу в галузі охорони природи зосереджена на розробці цільових концепцій захисту видів і біотопів. У цьому контексті ефективність природоохоронних заходів перевіряється за допомогою моніторингу та подальшого контролю результатів. Важливими темами є також розробка індикаторів для оцінки біорізноманіття, природності та безперервності середовищ існування, а також ідентифікація центрів біорізноманіття (гарячих точок). До дослідницьких тем належать також аналізи рослинного покриву, історії лісів та ландшафтів (Brang et al., 2014).

Отже, країни ЄС, зокрема Німеччина, активно впроваджують адаптивні форми лісогосподарського менеджменту, коригуючи їх відповідно до фіксованих змін клімату та їх наслідків. Даний досвід корисний Україні для підтримки впровадження низки реформ лісогосподарського сектору та протидії кліматичним змінам на локальному та регіональному рівнях. Для досягнення вагомих результатів є потреба у проведенні моніторингових досліджень на різних ярусах лісу.

6.3. Рекомендації щодо запровадження популяційного моніторингу

Проведені дослідження об'єктивно засвідчили, що популяції ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу лісових екосистем Геттінгенського лісу вирізняються досить значною різноманітністю складу та структури. Встановлено, що провідні популяційні характеристики *A. europaeum*, *S. holostea* й *L. vernus* змінюються у досить широких межах. Це характерно й для показників площі популяційного поля (zareєстровано варіювання від 44,0 до 360,0 м²), популяційної щільності (zareєстровано варіювання від 2,2 до 50,7 шт./м²), онтогенетичної структури (різноманітними є склад онтогенетичних спектрів,

значення онтогенетичних індексів, належність до онтогенетичних типів: досліджені популяції репрезентують п'ять із шести типів за Л.А.Животовським (не зареєстрована наявність лише «старих» популяцій)), величин морфопараметрів, характеристик розмірної структури (зокрема, у індексу різноманітності розмірної структури зареєстровано варіювання від 20 до 52%). Є ознаки, які виявились й більш стабільними. Так досліджуваним популяціям притаманне групове (контагіозне) розміщення рослин при належності усіх популяцій до категорії рівноважних за показниками віталітетної структури (Ярошенко, 2023).

Проведений аналіз показав, що різноманітність характеристик популяцій є результатом їхнього чутливого реагування на еколого-ценотичні умови місцезростань. У роботі оцінено вплив на популяційні ознаки *A. europaeum*, *S. holostea* й *L. vernus* на вплив 12 екочинників. Показано, що здебільшого цей вплив є статистично достовірним, а у реагуванні на екочинники проявляються як видові особливості, так і «ознакоспецифічність», тобто у межах кожного виду мають місце відмінності щодо характеру впливу тих чи інших чинників на конкретні популяційні показники.

Застосування алгоритму, представленого в цій роботі, дозволило диференціювати екочинники за силою впливу на стан популяцій та встановити для них ознаки еколого-ценотичного оптимуму. Встановлено, що у досліджуваних видів найпотужніший вплив на стан популяцій загалом і їхніх окремих характеристик зазвичай проявляли освітленість, вологість та рН ґрунту та вік ярусу деревостану.

Зазначені факти аргументовано доводять, що популяції виступають чутливим індикатором екологічного стану місцезростань і вказують на необхідність запровадження в Геттінгенського лісі моніторингу за популяціями ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу. З врахуванням того, що в Інституті моніторингу Геттінгенського лісу вже здійснюється моніторинг деревного ярусу, це дозволить отримувати більш комплексну та різнопланову інформацію про стан екосистем цього лісового масиву (Ярошенко, Скляр, 2021).

За результатами дисертаційного дослідження, вважаємо, що популяційний моніторинг видів трав'яного ярусу лісових екосистем Геттінгенського лісу повинен включати:

1. Оцінку сукупності еколого-ценотичних ознак рослинного угруповання (лісової екосистеми), у якому зростає популяція-об'єкт моніторингу.
2. Оцінку для обраного об'єкту моніторингу ознак популяційних полів (насамперед показників площі популяції та популяційної щільності).
3. Оцінку морфоознак рослин, які входять до складу популяції.
4. Визначення структурних характеристик популяцій (встановлення їх онтогенетичної, віталітетної та розмірної структури, на основі методик представлених та апробованих у цій дисертаційній роботі).
5. Оцінку відповідності стану популяції популяційним характеристикам, оптимальним для забезпечення її сталого та довготривалого існування.
6. Виявлення основних стрес-факторів, наслідком впливу яких є відхилення популяційних характеристик, від їх оптимальних значень.
7. Складання прогнозу подальшого стану популяції.

З нашої точки зору, реєстрацію зазначених показників доцільно здійснювати у системі середньотермінового моніторингу: при «оновленні» даних про стан популяцій кожні 3 – 5 років. Отримані результати мають мати відповідні центри зосередження, наприклад, у вже створеному Інституті моніторингу Геттінгенського лісу.

Важливим організаційним аспектом є й доповнення матеріально-технічної (приладової) бази, яка вже використовується для оцінки показників абіотичних екоциклів в Геттінгенському лісі, приладами (засобами), які необхідні для здійснення власне популяційних досліджень та опрацювання їхніх результатів. З врахуванням того, що популяційний аналіз супроводжується широким застосуванням методів математичної статистики, а складання прогнозів подальшого стану популяцій зазвичай здійснюється з опорою на математико-статистичне моделювання, - актуальним питанням стає й зосередження в

моніторингових центрах ресурсів (засобів), які б дозволяли успішно реалізовувати такі підходи.

Популяційного моніторинг має стати невід’ємною складовою реалізації комплексу заходів, спрямованих на сприяння охороні, збереженню біорізноманіття Геттінгенського лісу. Цінність таких досліджень полягає і в тому, що вони дозволяють оцінити ефективність обраної системи менеджменту (користування лісом) і при виявленні негативних тенденцій у ознаках, що характеризують стан популяцій індикаторних видів, сформулювати конкретні пропозиції щодо вдосконалення (корегування) режиму охорони чи лісокористування.

Як зазначає, Л.В. Кравчук (Кравчук, 2020), при цьому необхідно враховувати те, що об’єктивними ознаками погіршення стану популяцій є: зменшення розміру популяційного поля та популяційної щільності, здрібнення рослин, збільшення величин індексу старіння при зміні домінування інвазійних процесів на деградаційні, зростання у складі популяції частки рослин класу «с» віталітету при зменшенні величин індексу якості Q, особливо при зниженні її категорійного статусу (наприклад, трансформації із врівноваженої у депресивну).

З врахуванням того, що усі досліджувані популяції *A. europaeum*, *S. holostea* й *L. vernus* виявились рівноважними за віталітетною структурою, спостереження за рівнем їхнього віталітету має стати пріоритетним заходом в системі моніторингових досліджень, тому як усі ці популяції мають високий ступінь вірогідності щодо потенційної трансформації у категорію «депресивних». Насамперед, це стосується популяцій, які мають найнижчі значення індексу якості Q (близько 0,20 і нижче). У *A. europaeum* – це популяції із екосистеми №1 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Acer platanoides* – *Allium ursinum*+*Anemone nemorosa*+*Euphorbia amygdaloides*, віком 55 років, яке включено в систему традиційного лісокористування), *S. holostea* – популяція із екосистеми №3 (угруповання *Fagus sylvatica*+*Fraxinus excelsior* – *Anemone nemorosa*+*Dentaria glandulosa*, віком 99 років, у якому запроваджено лісогосподарський менеджмент), у *L. vernus* популяція із екосистеми №5 (угруповання *Fagus*

sylvatica+*Acer pseudoplatanus* – *Anemone nemorosa*+*Asarum europaeum*, віком 118 років, у якому запроваджено лісогосподарський менеджмент).

Важливою складовою моніторингових досліджень має стати й слідування за відповідністю фактичних еколого-ценотичних характеристик умов місцезростань параметрам еколого-ценотичного оптимуму для популяцій відповідного виду (видів). Значущість такого аналізу обумовлюється, по-перше, тим, що факти не співпадіння фактичних показників оптимальним реєструються досить часто, а по-друге – динамічністю довкілля, стан якого визначається системою місцевих (регіональних) та глобальних взаємодій. Нині до числа останніх насамперед належать трансформації, обумовлені змінами клімату. Не втрачає актуальності й випадіння кислотних опадів. Наслідками, пов'язаними із проявом лише цих двох глобальних екологічних проблем, насамперед стає зміна температурного й гідрологічного режиму території, а також рН ґрунту, тобто чинників, які відграють надважливу роль у визначенні стану популяцій ценозоутворюючих видів ярусу трав та лісових екосистем загалом. Швидкість трансформації стану довкілля необхідно враховувати й при визначенні періодичності моніторингу: при зростанні швидкості (інтенсивності) змін екоумов місцезростань інтервали між спостереженнями за популяціями необхідно зменшувати.

Не від'ємною та завершальною складовою популяційного моніторингу є розробка рекомендацій, спрямованих на забезпечення сталого функціонування популяцій, а також визначення засад їхнього практичного втілення. Безумовно, зазначені пропозиції мають бути логічно пов'язаними та імплементованими у систему екологічного менеджменту, яка вже успішно впроваджується в Геттінгенському лісі.

Отже, реалізація пропонованих підходів щодо організації комплексного популяційного моніторингу ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу екосистем Геттінгенського лісу може стати одним із засобів подальшого вдосконалення існуючої системи екологічного менеджменту лісів та збереження їхнього біорізноманіття. Окрім того це сприятиме поєднанню досвіду наукових шкіл Німеччини та України у зазначених питаннях, обміну передовими

напрацюваннями та розширенню наукової взаємодії між країнами у галузі охорони довкілля та забезпечення збалансованого природокористування.

За результатами розділу 6 авторкою опубліковано 3 наукових праці (Ярошенко, Скляр, 2021; Yaroshenko, 2023; Ярошенко, 2023).

ВИСНОВКИ

За результатами вивчення на засадах комплексного популяційного аналізу *Asarum europaeum* (сім популяцій), *Stellaria holostea* й *Lathyrus vernus* (по шість популяцій), які зростають у лісових екосистемах Геттінгенського лісу на тлі реалізації різних засад користування лісом, зроблені наступні висновки:

1. Встановлено, що показники площі популяційного поля та популяційної щільності у *A. europaeum*, відповідно, коливаються у межах 89,0-360,0 м² та від 4,4 до 42,2 шт./м², у *S. holostea* – від 44,0 до 356,0 м² та від 2,2 до 50,7 шт./м², у *L. vernus* – від 44,0 до 311,0 м² та від 0,9 до 30,2 шт./м². Рослини зазначених видів у межах популяційних полів мають груповий тип розміщення.
2. У всіх досліджених видів зареєстровано реагування ознак популяційних полів на вплив абіотичних, ценотичних чинників, системи користування лісом, при прояві високого рівня специфічності щодо сили, спрямованості такого відгуку. Доведено, що у *A. europaeum* розмір популяційного поля найбільшою мірою визначається показниками освітленості під наметом лісу, а величина популяційної щільності – показниками рН ґрунту. У *S. holostea* на показники площі популяційного поля і на значення популяційної щільності найсуттєвіше впливають вміст органічних речовин в ґрунті та його вологість. У *L. vernus* на розмір популяційного поля найбільше впливає рівень освітленості під наметом лісу, на значення популяційної щільності – вологість ґрунту.
3. Встановлено онтогенетичну структуру популяцій та проаналізовано її в аспекті прояву таких ознак як повнота, симетричність спектрів, переважання інвазійних чи деградаційних процесів, відповідність певним онтогенетичним типам. Усі досліджувані популяції *A. europaeum* мають неповні онтогенетичні спектри, 85,7% з них притаманні центровані спектри, 57,1% – вирізняються переважанням інвазійних процесів та належністю до категорії «зріючих», по 14,3% популяцій репрезентують типи «молодих», «зрілих» та «старіючих». У *S. holostea* неповну онтогенетичну структуру мали 83,3% популяцій, 66,7% - центровані спектри, у такої ж частки популяцій зареєстроване переважання інвазійних процесів, 33,3% є «зрілими», по 16,7% належать до типів «молода»,

«зріюча», «перехідна» та «старіюча». У *L. vernus* неповну онтогенетичну структуру мали усі популяції, 83,3% - центровані спектри, у 50,0% популяцій зареєстроване переважання інвазійних процесів, у 33,3% - переважання процесів деградації, 50,0% є «зрілими», 33,3% відносяться до типів «молодих», 16,7% - «перехідних».

4. З'ясовано, що у популяції *A. europaeum* на онтогенетичні характеристики та, відповідно, на значення онтогенетичних індексів, найпотужніший та статистично-достовірний вплив (при r (за модулем) на рівні 0,7923-0,9258) проявляють такі абіотичні чинники як вологість ґрунту та вміст у ньому органічної речовини, а із числа ценотичних чинників – вік ярусу деревостану (при $r=0,5364$). У *S. holostea* на зазначені характеристики найсуттєвіший та статистично-достовірний вплив мають освітленість і вологість ґрунту (при r (за модулем) 0,818869-0,971303) та вік ярусу деревостану ($r=0,930365$). У *L. vernus* також найбільший вплив на онтогенетичні характеристики мають вологість ґрунту та освітленість під наметом лісу (при r (за модулем) 0,803162-0,840031).

5. За результатами оцінки 16-ти статистичних метричних та алометричних морфопараметрів встановлено розмірні ознаки рослин *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* в популяціях, які були охоплені вивченням. Доведено, що рослини із різних екосистем статистично достовірно відрізняються між собою за розміром та морфоструктурою, проявляючи специфічні для конкретного місцезростання ознаки габітусу та архітектоніки.

6. Показано, що функціонування популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* супроводжується активною реалізацією морфологічної мінливості та пластичності. У всіх популяціях досліджуваних видів значення показників, які характеризують ступінь вираженості мінливості (внутрішньопопуляційного варіювання), перевищують аналогічні показники для пластичності (міжпопуляційного варіювання).

7. Завдяки застосуванню прямого градієнтного аналізу оцінено і диференційовано вплив на морфоознаки рослин *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* 12 еколого-ценотичних чинників. Встановлено, що найвагоміший вплив на розмір рослин *A. europaeum* проявляють наступні чинники: кислотність

(рН) ґрунту, вміст у ньому органічних речовин, вологість ґрунту, вік ярусу деревостану, показники загального проєктивного покриття ярусу трав, освітленість під наметом лісу та, власне, значення популяційної щільності самого виду; у *S. holostea* – освітленість під наметом лісу, вік ярусу деревостану, кислотність (рН) ґрунту, видовий склад ярусу деревостану, вологість ґрунту, проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав, рельєф; у *L. vernus* – освітленість під наметом лісу, вологість ґрунту, вік ярусу деревостану, значення популяційної щільності самого виду, вміст органічних речовин в ґрунті, проєктивне покриття виду-домінанта ярусу трав, загальне проєктивне покриття ярусу трав.

8. На основі застосування оригінального підходу показано, що розмірні спектри популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* здебільшого є континуальними, лівосторонніми, при варіюванні значень ступеня повноти, відповідно, від 60 до 100%, від 60 до 100% та від 60 до 90%, а індексу різноманітності розмірної структури - від 24 до 44%, від 20 до 40% та від 28 до 52%. У популяції *A. europaeum* характеристики розмірної структури насамперед визначаються рівнем рН ґрунту, вмістом у ньому органічних речовин, віком ярусу деревостану та значеннями популяційної щільності; у *S. holostea* – освітленістю під наметом лісу, рН ґрунту, вмістом у ньому органічних речовин та значеннями популяційної щільності; у *L. vernus* - рН ґрунту та вмістом у ньому органічних речовин.

9. За результатами застосування віталітетного аналізу у різних екосистемах Геттінгенського лісу оцінено віталітет рослин *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus*, встановлено віталітетну структуру популяцій та характер реагування віталітетних ознак на вплив еколого-ценотичних чинників. Незважаючи на те, що усі досліджувані популяції за ознаками віталітетної структури виявились рівноважними, результати проведених досліджень засвідчили чутливе реагування віталітетних показників на вплив як окремих еколого-ценотичних чинників, так і на їхню взаємодію, що підтверджено відповідними математичними моделями.

10. За результатами проведених досліджень для популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus* встановлено параметри еколого-ценотичного оптимуму як за окремими популяційними характеристиками (популяційною щільністю, морфоознаками рослин, онтогенетичною та віталітетною структурою), так і для їхньої сукупності. Також визначено ознаки місцезростань, які в умовах Геттінгенського лісу є найбільш сприятливими для формування та функціонування популяцій зазначених видів.

11. За результатами власних досліджень та з опорою на літературні дані здійснено порівняння популяційних характеристик *A. europaeum* і *S. holostea* Геттінгенського лісу (Німеччина) та широколистяних й мішаних лісів Сумського геоботанічного округу (Україна). Встановлено, що популяції *A. europaeum* та *S. holostea* лісів України здебільшого вирізняються вищими значеннями статичних метричних морфопараметрів, більшою репрезентованістю повних онтогенетичних спектрів та різноманітнішою віталітетною структурою, при представленості популяцій усіх віталітетних категорій (від депресивних до процвітаючих).

12. Результатами проведених досліджень засвідчено, що тип користування лісом справляє суттєвий вплив на стан популяцій *A. europaeum*, *S. holostea* та *L. vernus*. Однак, він, зазвичай, поступається показникам сили впливу низки еколого-ценотичних чинників (рН ґрунту, вмісту у ньому органічних речовин, видового складу фітоценозу). Тобто, лісокористування в Геттінгенському лісі супроводжується збереженням базових природних взаємодій, які є визначальними для забезпечення функціонування лісових екосистем. Це є одним із результатів послідовного запровадження в Геттінгенському лісі ефективної системи екологічного менеджменту, яка забезпечує як стаке використання лісового фонду, так і його збереження. Вважаємо, що передовий досвід різних країн світу та, зокрема, Німеччини: сертифікація FSC (Forest Stewardship Council) та PEFC (Programme Endorsement Forest Certification), потребує вивчення в Україні, а передові практики сертифікації лісоуправління мають бути ширше реалізовані на теренах нашої держави.

13. З опорою на результати комплексного популяційного аналізу сформовано пропозиції щодо вдосконалення системи заходів із збереження біорізноманіття екосистем Геттінгенського лісу та запровадження популяційного моніторингу ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Барбарич А.І., Брадiс Є.М., Вісюлін О.Д., Котов М.І. та ін. Визначник рослин України: учбовий посiбник. Редкол.: Відп. ред. Д. К. Зеров. вид. друге, виправлене і доповнене. Інститут ботанiки ім. М.Г. Холодного АН УРСР. К: Урожай, 1965. 875 с.

Бiленко В.Г., Якубенко Б.Є., Лiкар Я.О., Лушпа В.І. Лiкарські рослини: технологiя вирощування та використання. За ред. д-ра біол. наук, проф. Б.Є. Якубенка. Житомир: Рута. 2015. 600 с.

Вакулюк П.Г. Ліс – багатство країни. К.: Рад. Шк., 1984. 135 с.

Вакулюк П.Г. Ліс і людина. К.: Урожай, 1989. 268 с.

Вiтер Р. М. Структура і динамiка трав'яної рослинності на зрубках букових лісів Західного Лісостепу. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.3. С. 31-37.

Генсірук С.А. Ліси – багатство і окраса Землі. К.: Наукова думка, 1980. 212 с.

Генсірук С.А. Ліси України. Львів: Вид-во Наук. тов. ім. Шевченка, УкрДЛТУ, 2002. 495 с.

Грицик В., Канарський Ю., Бедрій Я. Екологія довкілля. Охорона природи: навч. посiб. К.: Кондор, 2018. 290 с.

Гродзiнський А.М. Лiкарські рослини. Енциклопедичний довідник. К.: Головна редакція УРЕ ім. М.П. Бажана, 1989. 544 с.

EOS DATA ANALYTICS. Знеліснення: Моніторинг і Шляхи Рішення Проблеми., 2021. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://surl.li/iubre>

Єлін Ю.Я., Зерова М.Я., Лушпа В.І., Шабарова С.І. Дари лісів. К.: Урожай, 1987. 304 с.

Зетцер Ф. Базовий звіт з лісового господарства в Німеччині з рекомендаціями для України. APD. Німецько-український агрополітичний діалог. Київ, 2018. 36 с.

Злобін Ю.А., Скляр В.Г., Клименко Г.О. Біологія та екологія фітопопуляцій: монографія. Суми: Університетська книга, 2022. 512 с.

Зубцова І.В. Популяційний аналіз лікарських рослин заплавл річок Кролевецько-Глухівського геоботанічного району. [Текст]: дис. канд. біол. наук. Київ, 2020. 485 с.

Кархут В.В. Ліки навколо нас. 4-те вид. К.: Здоров'я, 2001. 232 с.

Коваленко І. М. Структура популяцій домінантів трав'яно-чагарничкового ярусу лісових фітоценозів Деснянсько-Старогутського національного природного парку. Онтогенетична структура. *Український ботанічний журнал*. 2005. Т.62, №5. С. 707–715.

Коваленко І.М. Структура популяцій домінантів трав'яно-чагарничкового ярусу в лісових фітоценозах Деснянсько-Старогутського національного природного парку. Віталітетна структура. *Укр. ботан. журн.* 2006. Т. 63, № 3. С. 376-383.

Коваленко І.М. Особливості популяційної організації домінантів трав'янистого ярусу лісових екосистем Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський». *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки*. Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки. Луцьк, 2015 а). № 12. Серія: Біологічні науки. С. 15-19.

Коваленко І.М. Особливості сезонних ритмів розвитку лісових трав. *Питання біоіндикації та екології*. 2015 б). Вип. 20, № 2. С. 42-53.

Коваленко І.М. Екологія рослин нижніх ярусів лісових екосистем: монографія. Суми: Університетська книга. 2015 в). 360 с.

Коваленко І.М. Еколого-біологічні властивості трав'яно-чагарничкового покриву лісових екосистем Північного Сходу України [Текст]: дис. д-ра біол. наук: Суми, 2016 а). 501 с.

Коваленко І.М. Структура популяцій вегетативно-рухомих рослин в лісових екосистемах. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова*. Серія 20. Біологія. 2016 б). Випуск 6. С. 97 – 104.

Коваленко І.М. Лісова екологія з основами лісовідновлення та лісорозведення: Підручник. Суми: ПФ «Видавництво Університетська книга», 2018. 240 с.

Ковалевський С.Б. Біохімічна взаємодія деревних і трав'яних рослин у культурах сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*. Сер.: Лісівництво. К.: Вид-во НЛТУ України. 2004. Вип. 72. С. 250-255.

Ковалевський С. Б. Роль трав'яних рослин у культурі сосни звичайної. *Наукові доповіді НАУ*. 2005. Вип. 1(1). С. 1-10.

Кравчук Л.В. Комплексний популяційний аналіз видів лікарських рослин фітоценозів Шосткинського геоботанічного району. [Текст]: дис. д-ра філософії. Суми, 2020. 485 с.

Краснов В.П., Орлов О.О., Ведмідь М.М. Атлас рослин-індикаторів і типів лісорослинних умов Українського Полісся. Під ред. д. с.-г. н. проф. В.П. Краснова. *Монографія*. Новоград-Волинський: Видавництво «НОВОГрад», 2009. 488 с.

Криницький Г.Т., Чернявський М.В. Наближене до природи та багатофункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини: посіб. Ужгород: ПП Коло, 2014. 279 с.

Кучерявий В.П. Екологія. Львів: Світ, 2001. 500 с.

Лісовий кодекс України (2019). [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://cutt.ly/IUxkPIV>

Мамчур В.В., Варлащенко Л.Г. Копитняк європейський як цінна лісова рослина з природною декоративністю. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.5.

Матусяк М.В. Лісівництво. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів денної заочної форм навчання факультету агрономії та лісівництва. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2022. 69 с.

Мішенін Є.В., Ярова І.Є. Формування системи екологічного менеджменту лісогосподарських підприємств. *Економіст*. 2013. №10. С. 21-26.

NiNa.Az. Чина весняна (*Lathyrus vernus*). 2023. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://surl.li/ucuhc>

Олійник В.С., Вітер Р.М. Лісознавство: курс лекцій. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. 264 с.

Павлюк Н.В., Павлюк В.В. Біоекологічні особливості лісових трав'яних рослин і їх фітоценотичне значення. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.3. С. 145-151.

Прес-Центр Екобезпека, 2020. Управління природокористуванням: досвід Німеччини. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://surl.li/scbwr>

Рябчук В.П. Недревна продукція лісу. Львів: Світ, 1996. 312 с.

Свириденко В.Є., Бабіч О.Г., Киричок Л.С. Лісівництво: підручник. К.: Арістей, 2005. 544 с.

Свириденко В.Є. Лісівництво. Цикл лекцій: навчальний посібник. Київ: Арістей, 2007. 391 с.

Свириденко В. Є., Швиденко А. Й. Лісівництво. К.: Сільгоспосвіта, 1995. 364 с.

Скляр В.Г. Морфологічні параметри дрібного підросту клена гостролистого в лісах Новгород-Сіверського Полісся. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*. 2012. Вип. 20, Т. 1. С. 100–106.

Скляр В.Г., Злобін Ю.А. Внутрішньопопуляційна структура та методика її вивчення у деревних лісоутворюючих видів. *Чорноморськ. ботан. журнал*. 2013. Т. 9. № 3. С. 316–329.

Скляр М.Ю. Стан ценопопуляцій копитняку європейського (*Asarum europaeum*) в деяких лісових фітоценозах Північного Сходу України (Сумська область). *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень*. Матеріали Першої міжнародної науково-практичної конференції (10-12 квітня 2014, м. Хотин). М-во екології та природн. ресурсів України, Нац. природн. парк «Хотинський» та ін. Чернівці: Друк Арт, 2014. 368 с.

Скляр В.Г. Розмірна структура підросту *Acer platanoides* L. в лісових фітоценозах Лівобережного Полісся України. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2015. Вип. 70. С. 138–143.

Скляр Ю.Л., Скляр М. Ю. Віталітетна структура популяцій копитняку європейського в умовах Лівобережного Полісся України та вплив на неї провідних екологічних чинників. *Вісник Сумського національного аграрного університету: науковий журнал. Сер. "Агронія і біологія"*. Суми: СНАУ, 2015. Вип. 9 (30). С. 82-87.

Соловій І.П. Оцінка послуг екосистем, забезпечуваних лісами України, та пропозиції щодо механізмів плати за послуги екосистем. ENPI AST FLEG II, 2016. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://surl.li/lgrtrt>

Соловій І. П., Кулешник Т. Я. Тракткування ключових термінів концепції послуг екосистем з огляду на еколого-економічні дослідження ландшафтів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2011. Вип. 9. С. 174–178.

Ткач В.П., Висоцька Н.Ю., Торосов А.С., Букша І.Ф., Пастернак В.П., Лось С.А., Кобець О.В., Тарнопільська О.М., Тарнопільський П.Б., Калашніков А.О., Жежкун І.М., Коваль І.М., Сидоренко С.Г., Сидоренко С.В., Бондаренко В.В., Бондар О.Б. Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України: наукове видання. Харків: УкрНДІЛГА, 2023. 28 с.

Токарева О.В., Пузріна Н.В., Сошенський О.М., Грушанський О.А., Брайко В.Б., Виговський А.Ю., Бойко Г.О. Рекреаційне лісівництво: навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 466 с.

Туниця Ю.Ю. Лісознавчі витоки еколого-економічного вчення: індуктивний підхід. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. Львів: Укр ДЛТУ. 2002. Вип. 1. С. 11-21.

Фітісов А.М. Теоретичні основи формування системи екологічного менеджменту у лісовому господарстві. *Вісник ЖНАЕУ*. 2017, № 1 (59), т. 2. С. 181-188.

Фуад Д. М., Журавель І.О., Павлій О.І. Фармакогностичне вивчення трави чини весняної (*Lathyrus vernus* (L.) Bernh.) *Вісник фармації*. 2003. № 3. С. 37-41.

Хрик В.М., Кімейчук І.В. Лісівництво: навч. посіб. Біла Церква: БНАУ, 2021. 444 с.

Царик Й. В. Популяційна екологія. Керування популяціями: Навчальний посібник. - Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2004. 101 с.

Шаян Ж., Гіле С, переклад Шелест В. Факти про Німеччину. Франкфурт-на-Майні: Зоцітетс-Ферлаг, 2010. 192 с.

Швиденко А.Й., Остапенко Б.Ф. Лісознавство: підручник. Чернівці: Зелена Буковина, 2001. 352 с.

Шерстюк М.Ю. Автохтонні заповідні дендросозофіти українського Полісся (флористичний і популяційний аналіз, оцінка декоративності та фітоценокомпозиції). [Текст]: дис. канд. біол. наук: Київ, 2018. 414 с.

Яворовський П.П. Сендонін С.Є., Токарева О.В. Рекреаційне лісівництво: підручник. Київ: Наукова столиця, 2019. 299 с.

Яворовський П.П., Сендонін С.Є., Левченко В.В., Токарева О.В., Пузріна Н.В. Лісівництво: підручник. Київ: НУБіП України, 2021. 654 с.

Якубенко Б. Є., Попович С. Ю., Устименко П. М., Дубина Д. В., Чурілов А. М. Геоботаніка: методичні аспекти досліджень. Навчальний посібник. К.: Ліра К, 2018. 316 с.

Ярошенко Н.П., Скляр В.Г. Оцінка онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *Asarum europaeum* L. у Геттінгенському лісі, Нижня Саксонія, Німеччина. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 49(3), 2023. С. 76-81.

Ярошенко Н.П. Розмірні ознаки *Asarum europaeum* L. у фітоценозах широколистяних лісів Німеччини та України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 53(3), 2023. С. 123-130.

Ярошенко Н.П. Оцінка онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *Lathyrus vernus* (L.) Bernh у Геттінгенському лісі (Нижня Саксонія, Німеччина). *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 54(4), 2023. С. 68-73.

Ярошенко Н.П., Скляр В.Г. Охорона лісів Німеччини: історико-екологічний аналіз на прикладі Геттінгенського міського лісу (Göttinger Wald). *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*. 2023: колективна монографія. За ред. О. В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023. С. 235-243.

Ярошенко Н.П. Використання стратегії «гарячих точок» у лісогосподарському користуванні: досвід Німеччини. Екологія. Довкілля. Енергозбереження. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 2-3 грудня 2021). Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. С. 367-369.

Ярошенко Н.П., Скляр В.Г. Адаптації лісових екосистем до змін клімату: наслідки та заходи. *Захист вразливих екосистем в умовах пандемії та зміни клімату*. Матеріали зимової сесії Міжнародної Карпатської Школи (Косів, 25-27 лютого 2021). Косів: Наукове товариство імені Шевченка, 2021. С. 105-106.

Ярошенко Н.П. Вплив екологічних чинників на віталітетну структуру *Asarum europaeum* L. *Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень-2023*. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Житомир, 31 травня 2023). Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 85-86.

Ярошенко Н.П., Скляр В.Г. Лісогосподарський менеджмент як протидія посухам: досвід Німеччини. *Адаптація до нових змін та викликів: нові форми економіки, ресурсоефективні технології, захист довкілля*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів та молодих вчених (Івано-Франківськ, 18 травня 2023). Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2023. С. 504-507.

BMEL 2021. German Forest – Forests For Nature And People. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://surl.li/iwvnh>

Bolte A., Polley H. Der Wald in Zahlen. In book: *Waldeigentum - Dimensionen und Perspektiven*. Bibliothek des Eigentums, Band 8, Chapter: 4. Springer, 2010. P.57-69.

Borrass L., Kleinschmit D., Winkel G. The “German model” of integrative multifunctional forest management - Analysing the emergence and political evolution of a forest management concept. *Forest Policy and Economics*. Volume 77. 2017. P. 16-23.

Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bauhus, J., Boncina, A., Chauvin, C. et al. Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87, 2014. P. 492–503

Deppe A., Troe H. *Der Göttinger Wald und seine Umgebung: ein landschafts- und siedlungskundlicher Überblick mit Hinweisen für heimatkundliche Wanderungen.* H. Reise-Verlag, 1956. 160 p.

Dierschke, H. Artenreiche Buchenwald-Gesellschaften Nordwest-Deutschlands. *Ber. Reinh.-Tüxen-Ges.* 1, 1989a. P. 107-148.

Dierschke, H. Kleinräumige Vegetationsstruktur und phänologischer Rhythmus eines Kalkbuchenwaldes. *Verh. Ges. Ökol.* 17, 1989b. P.131-143.

Dierschke, H. Long-term dynamics in the herb layer of a calcareous beech forest: investigations of permanent plots, 1981-2001. *Pol. Bot. Stud.* 22, 2006. P. 165-172.

Ebrecht, L. *Vegetation, Standortverhältnisse und Ausbreitungsbiologie von Pflanzen auf Rückegassen und Waldwegen im Göttinger Wald und im Solling.* Cuvillier, Göttingen, 2005. 317 p.

European Commission. *New EU Forest Strategy for 2030: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.* 2021. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [\[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021DC0572\]](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021DC0572).

Forest Europe. *State of Europe's Forests 2020: Summary for Policy Makers.* Accessed June 9, 2024. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2020/10/SoEF_2020_Summary_for_Policy_Makers.pdf.

Gauer, J., Aldinger, E. (Eds.) *Waldökologische Naturräume Deutschlands. – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke mit Karte 1:1.000.000.* Mitt. Ver. forstl. Standortskd. u. Forstpflanzenzücht. 43, 2005. P. 1-324

General Publications. *Communication: New EU Forest Strategy for 2030.* [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://surl.li/uejum>. 2021.

Häusler A., Scherer-Lorenzen M. Sustainable Forest Management in Germany: The Ecosystem Approach of the. Bundesamt für Naturschutz (BfN). Bonn, 2002. P. 56-60

Jakobsen M. History and principles of close to nature forest management: A Central European perspective. Tools For Preserving Woodland Biodiversity, 2001. P. 56-60

Kleinschmit, J. Ist Naturverjüngung immer die beste Lösung für den naturnahen Waldbau? In: Kohlstock, N., Stauber, T. & Zaspel, I. (Hrsg.). Erhaltung und Nutzung genetischer Ressourcen für den naturnahen Waldbau, Betriebswirtschaft und/oder Naturschutz. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 1999. P. 194, 199-214

Kleinschmit H. Forsteinrichtung in Niedersachsen – Stellung und Grundsätze - Forest Management in Lower Saxony - Situation and Principles. Niedersächsische Landesforsten. [Elektronischer ресурс] - Режим доступа: <http://surl.li/sdntf>. 2019.

Klimafolgenmonitoringbericht für Niedersachsen, 2023. [Elektronischer ресурс] - Режим доступа: <http://surl.li/ueves>.

Kroiher, F. & Oehmichen, K. Das Potenzial der Totholzakкумуляtion im deutschen Wald. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 161(5), 2010. P. 171-180.

Liesebach, M. Genetik rechnet sich. Österreichische Forstzeitung, 113(6), 2002. P. 33-35.

Marozas Vitas, Sasnauskienė Jurgita. Influence of Herb Layer on The Undergrowth of Pine Forests after Shelter-wood Cuttings. Aleksandras Stulginskis University, Lithuania. The Fifth International Scientific Conference Rural Development. 2011.

Mathes. Der gemischte Buchenplenterwald auf Muschelkalk in Thüringen. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, issue 21, 1910. P. 149–164.

MEA. Ecosystems And Human Well-Being. «Millennium Ecosystem Assessment» (2005). [Elektronischer ресурс] - Режим доступа: <http://surl.li/rzdtb>.

Meiwes, K.J., Beese, F. Ergebnisse der Untersuchung des Stoffhaushaltes eines Buchenwaldökosystems auf Kalkgestein. Ber. Forschungsz. Waldökosysteme B9, 1988. P. 1-141.

Ministerium Für Umwelt Und Forsten Rheinland-Pfalz: Naturnahe Waldwirtschaft – Zukunftsweisend für Natur und Wirtschaft. Brochure. Mainz. 1994.

Müller J., Bütler R. A review of habitat thresholds for dead wood: A baseline for management recommendations in European forests. *European Journal of Forest Research* 129(6), 2010. P. 981-992

Naaf T., Wulf M. Effects of gaps size, light and herbivory on the herb layer vegetation in European beech forest gaps. *Forest ecology and Management*. Vol. 244, 2007. P. 141-149

Nagel, U., Wunderlich, H.-G. Geologisches Blockbild der Umgebung von Göttingen. 2. Aufl. Forsch. Landes-u. Volkskde. Reihe A91, 1976. 50 S.

NLWKN. FFH-Gebiet 138 Göttinger Wald. [Elektronischer ресурс] - Режим доступа: <http://surl.li/uekuf>. 2000.

O'Hara KL. What is close-to-nature silviculture in a changing world. *Forestry*. 89, 2016. P. 1–6

Rock, J. & Bolte, A. Auswirkungen der Waldbewirtschaftung 2002 bis 2008 auf die CO₂-Bilanz. *AFZ-DerWald*, 66(15), 2011. P. 22-24

Schütz, J.P. Naturnaher Waldbau: gestern, heute, morgen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 150(12), 1999. P. 478-483.

Schmidt, W. Herb layer species as indicators of biodiversity of managed and unmanaged beech forests. *For. Snow Landsc. Res.* 79, 2005. P. 111-125

Spathelf, P. Seminatural silviculture in southwest Germany. *The Forestry Chronicle*, 73(6), 1997. P. 715-722

Thöle, R., Meyer, B. Bodengenetische und -ökologische Analyse eines Repräsentativ-Areals der Göttinger Muschelkalk-Scholle als landschaftsökologische Planungsgrundlage. *Göttinger Bodenkundl. Ber.* 59, 1979. 230 S.

Winterhoff, W. Vegetationskundliche Untersuchungen im Göttinger Wald. *Nachr. Akad. Wissensch. Göttingen, II. Math.-Physik. Klasse, Jahrg.* 1962/2, 1963. 79 S.

Winter S. Ermittlung von Struktur-Indikatoren zur Abschätzung des Einflusses forstlicher Bewirtschaftung auf die Biozönosen von Tiefland-Buchenwäldern, Thesis, TU Dresden, 2005. 322 S.

Yaroshenko, N., & Skliar, V. Ontogenetic and vitality structure evaluation of *Asarum europaeum* L. in Göttinger wald, Low Saxony, Germany. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 23(3.2), 2023. P. 397-403

Yaroshenko, N., Skliar, V., Rosenthal G. Evaluation of ontogenetic and vital structures of *Stellaria holostea* L. in beech forests in the south of Low Saxony, Germany. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 23(3.2), 2023. P. 325-332.

Yaroshenko N.P. German forestry policy towards the climate change. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (Суми, 14-18 листопада 2022). Суми: Сумський національний аграрний університет, 2022. С. 34.

Yaroshenko N., Skliar V. Population methods implementation of *Asarum europaeum* in beech forest in Goettingen, Germany. Sustainable Development in Wartime Ukraine and the World. Multidisciplinary Conference for Young Researchers (Prague, Czech Republic, November 25, 2022). Prague: Czech University of Life Sciences, 2022. P. 7.

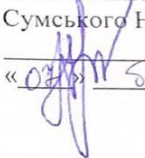
Yaroshenko N.P. Management Impact on the Goettingen Forest Biodiversity, Low Saxony, Germany. Актуальні проблеми дослідження довкілля. Матеріали X міжнародної наукової конференції (Суми-Тростянець, 25-27 травня 2023). Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2023. С. 128-130.

ДОДАТКИ

Додаток А

Акт щодо впровадження результатів дисертаційного дослідження

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи
Сумського НАУ


Ігор КОВАЛЕНКО
«03 березня» 2024 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
аспірантки кафедри екології та ботаніки
Сумського національного аграрного університету
Ярошенко Наталії Павлівни
на тему "Комплексний популяційний аналіз провідних ценозоутворюючих видів
трав'яного ярусу лісових екосистем півдня Нижньої Саксонії (Німеччина)"

Даним актом стверджується, що результати дисертаційного дослідження Ярошенко Наталії Павлівни на тему "Комплексний популяційний аналіз провідних ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу лісових екосистем півдня Нижньої Саксонії (Німеччина)", що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 Екологія, впроваджено у навчальну програму викладання дисциплін «Загальна екологія», «Заповідна справа», «Збалансоване природокористування».

Результати дисертаційної роботи Ярошенко Наталії Павлівни щодо комплексного популяційного аналізу провідних ценозоутворюючих видів трав'яного ярусу лісових екосистем півдня Нижньої Саксонії (Німеччина) використовуються співробітниками кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету при підготовці і викладанні курсів лекцій, проведенні лабораторних занять, наукових досліджень для підготовки фахівців ОС «Бакалавр» та «Магістр» за напрямом екологія, спеціальності 101 «Екологія».

Впровадження отриманих за дисертаційною роботою Ярошенко Н. П. результатів дослідження в навчальний процес підвищує якість підготовки студентів за спеціальністю 101 «Екологія».

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету (протокол № 12 від 06 березня 2024 року).

Завідувач кафедри екології та ботаніки
доктор біологічних наук, професор



Вікторія СКЛЯР

Додаток Б

Прилади, які використовувалися у процесі досліджень (лабораторна база університету Касселя (Німеччина))

Thermo Scientific Heratherm Advanced Protocol Heating and Drying Ovens

Mechanical or gravity convection technology with excellent temperature values, providing flexibility, accuracy and dependability



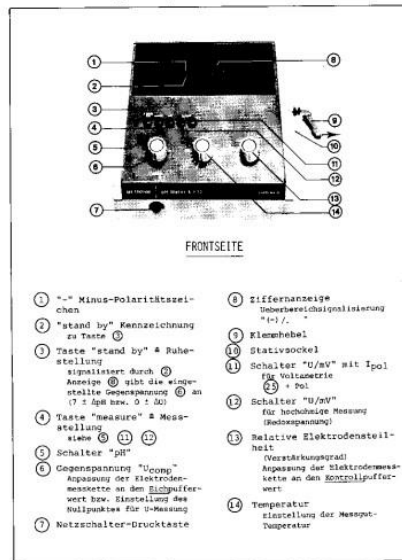
- Unsurpassed temperature performance – the flexible tool in the lab to be used for multiple applications
- Choice of gravity convection for gentle drying and heating, or mechanical convection for faster drying and heating, and outstanding temperature uniformity
- Broad temperature range from 50-330°C
- Adjustable fan speed for application-related airflow in mechanical convection models (e.g., drying of powders)
- High speed for expedited drying and heating, quick recovery, and optimal temperature stability and uniformity
- Programmable controller for temperature ramps and dwells
- Up to 10 programs can be saved, each with 10 discrete steps
- Electronically controlled fan speed and damper position
- Programs can be repeated automatically
- Access port allows the introduction of sensors for independent data monitoring
- Microprocessor control with vacuum fluorescent display
- Simple calibration routine ensures temperature accuracy over time
- Boost function enables rapid heating up – no need to operate the oven 24/7

Ordering Alerts: Availability may vary by country
 Warranty: 2 years (parts and labor)
 Certifications: CSAus (120V, 208-240V/60Hz models) and CE (230V, 50/60 Hz models)

Сушильна шафа
 Thermo Scientific OMH400



Digital-pH-Meter E 632

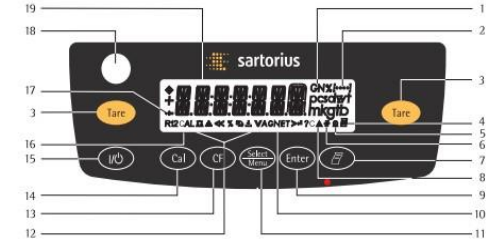


- | | |
|---|---|
| ① "-" Minus-Polaritätszeichen | ⑧ Ziffernanzeige (Überbereichsindikatorisierung "101") |
| ② "stand by" Kennzeichnung zu Taste | ⑨ Rotorhebel |
| ③ Taste "stand by" & Ruhestellung signalisiert durch Anzeige ⑩ ist die eingestellte Gegenspannung ⑪ an (7 ± 1µV bzw. 0 ± 50) | ⑩ Stativsockel |
| ④ Taste "measure" & Messstellung siehe ⑪ ⑫ | ⑪ Schalter "0/mV" mit 1-pol. für Voltmetrie ⑫ + pol. |
| ⑤ Schalter "pH" | ⑫ Schalter "µV/pH" für hochgenaue Messung (Relativspannung) |
| ⑥ Gegenspannung "Ucomp" Anpassung der Elektrodenmesszelle an den Elektrodenwert bzw. Einstellung des Nullpunktes für In-Messung | ⑬ Relative Elektrodenempfindlichkeit (Verstärkungsgrad) Anpassung der Elektrodenmesszelle an den Nennwertwert |
| ⑦ Netzschalter-Drucktaste | ⑭ Temperatur-Einstellung der Messwert-Temperatur |

METROHM AG, Elektronische Messgeräte, CH-9100 Herisau, Schweiz, Telefon 071 / 51 18 84, Telex 77267

PH-метр Brinkmann
 Metrohm 605 PH-Meter

Overview of Display and Control Panel



Item	Description	Item	Description
1	Weight units	13	Delete (Clear Function)
2	Displays the menu level		This key is generally used to cancel functions:
3	Taring		- Quit application program
4	Symbol for "GLP printing mode active"		- Cancel calibration adjustment routine Exit menu
5	Symbol for "Printing mode active"	14	Start calibration adjustment routine
6	Application program active	15	On Off
7	Data output: Press this key to send readout values to the built-in data interface.	16	Symbol: Calibration adjustment function
8	Calculated-value indicator: not a weight value	17	Symbols for "zero range" (verified models only)
9	Start the application program	18	Level indicator
10	Symbol: Gross or net	19	Weight value displayed in selected weight unit
11	Select an application program open the operating menu		Symbol:
12	Symbols for active application (g, kg, %, g, µg, A, C)	<<	Exit the operating menu
		<	One menu level higher
		V	Scroll through menu items
		>	Next item on current menu level
		↵	Select a parameter setting

Високоточні ваги
 моделі Sartorius

(Прод. додатка Б)



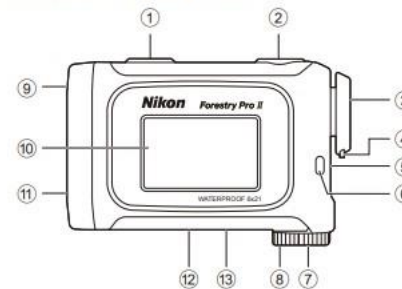
- 1.) 3 ½-stellige LCD-Anzeige mit Batteriezustandsanzeige
- 2.) Ein-/Aus- und Funktions-Bereichswahlschalter
- 3.) Fotosensor: langlebige Silicium-Fotodiode

Люксметр PeakTech5025

Description of parts and indicators

En
Fr

■ Nomenclature/Composition



Composition

- Body ×1
- Case ×1
- Strap ×1
- Lithium battery (CR2) ×1

- ① MODE button
- ② PWR button (POWER ON/Measurement button)
- ③ 6x monocular eyepiece
- ④ Eyecup/Diopter adjustment ring
- ⑤ Diopter index
- ⑥ Strap eyelet
- ⑦ Battery-chamber cover
- ⑧ Battery-chamber cover "Open" indication
- ⑨ Monocular objective lens/Laser emission aperture
- ⑩ External display
- ⑪ Invisible laser detector aperture
- ⑫ Product number label
- ⑬ Indication

IEC60825-1 CLASS 1M LASER PRODUCT
DO NOT EXPOSE USERS OF TELESCOPIC OPTICS.
FDA CLASS I LASER PRODUCT
THIS PRODUCT COMPLIES WITH
21CFR1040.10(c)(1)(d) AND (e)
CAN ICES-3(B)/NMB-3(B)
MADE IN CHINA

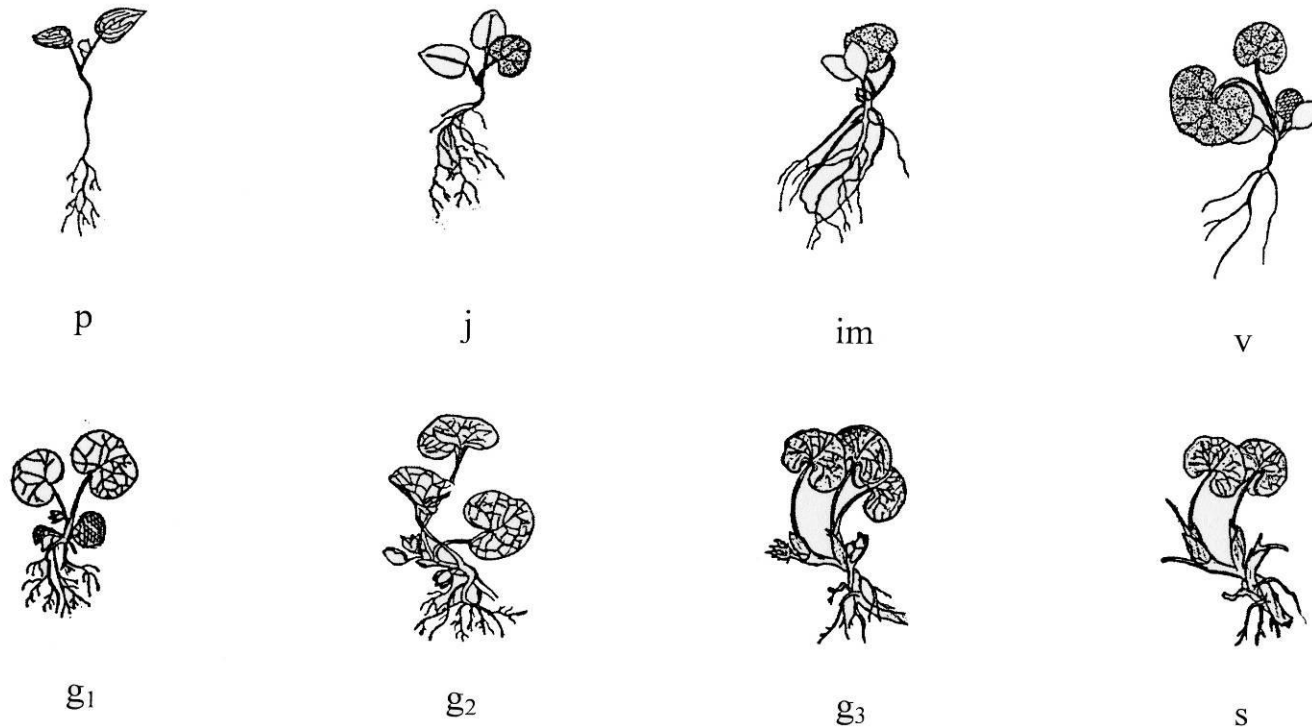
FC
CE
EAC
NIKON VISION CO., LTD.

Електронна лінійка Nikon Forestry Pro II

Додаток В

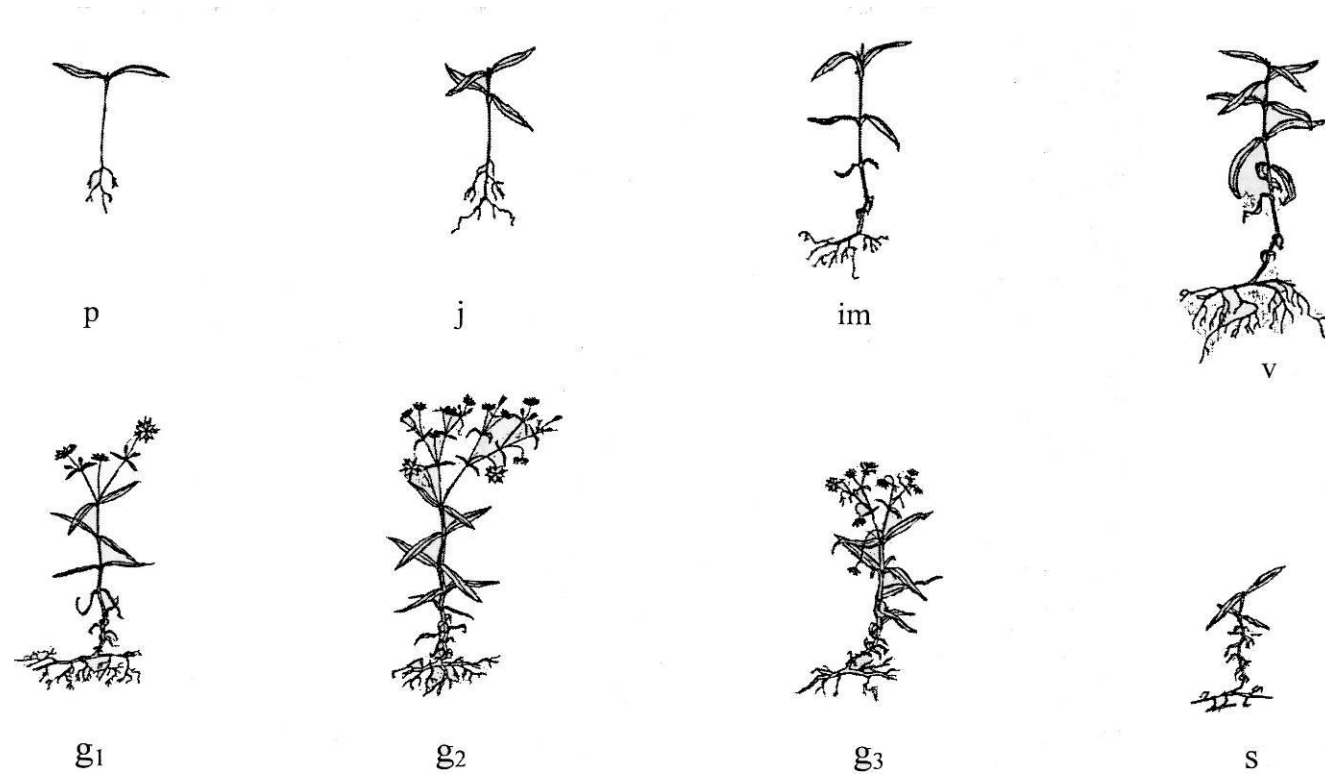
Етапи онтогенезу досліджуваних рослин та їхній габітус на різних етапах (розробка І.М. Коваленка)

Додаток В.1.

Етапи онтогенезу *Asarum europaeum*

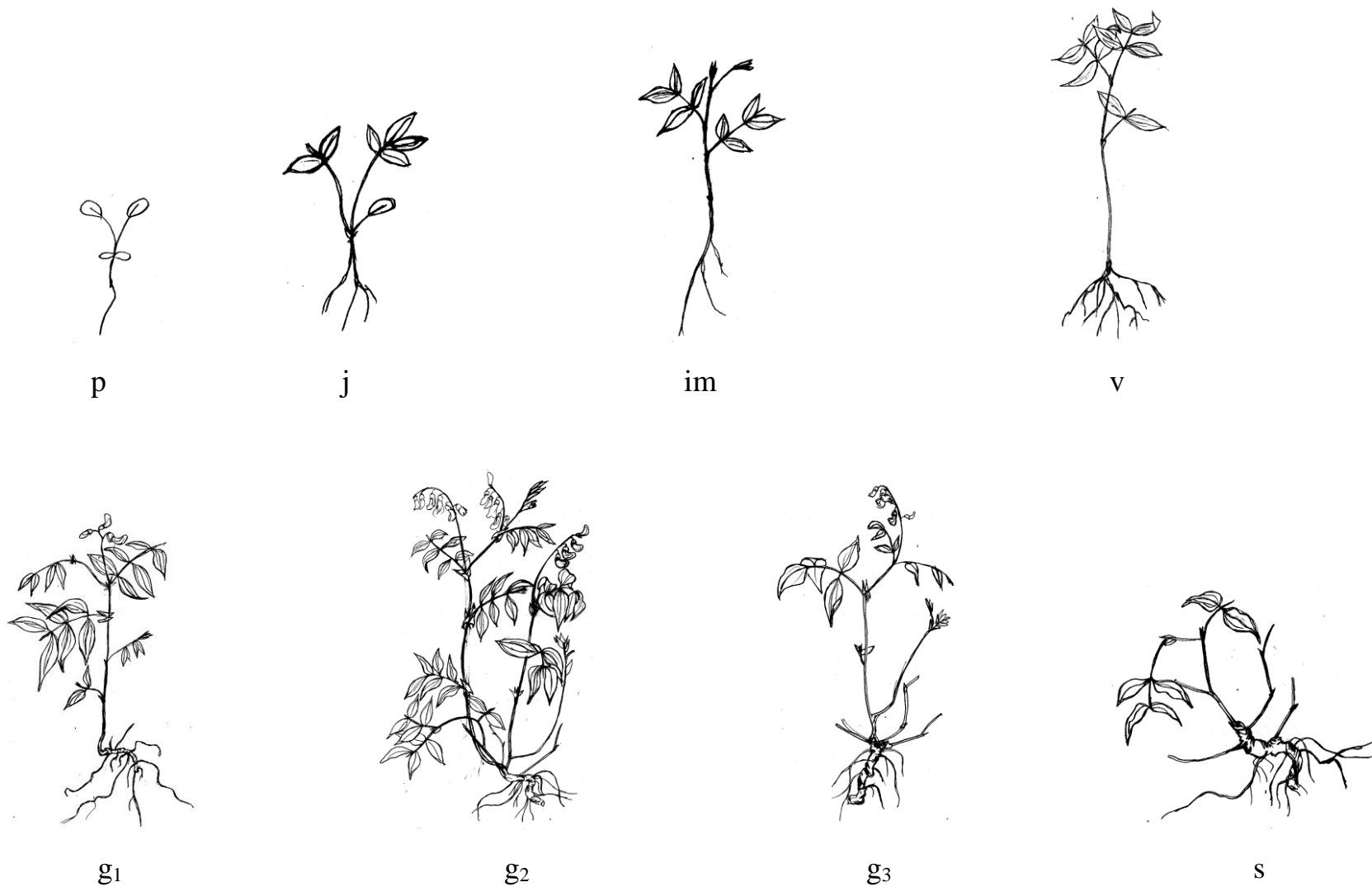
Етапи онтогенезу: p – проросток; j – ювенільна рослина; im – іматурна; v – віргінільна;
g₁ – молода генеративна; g₂ – середня генеративна; g₃ – стара генеративна; s – сенільна рослина

Додаток В.2.

Етапи онтогенезу *Stelaria holostea*

Етапи онтогенезу: p – проросток; j – ювенільна рослина; im – іматурна; v – віргінільна;
g₁ – молода генеративна; g₂ – середня генеративна; g₃ – стара генеративна; s – сенільна рослина

Додаток В.3.
Етапи онтогенезу *Lathyrus vernus*



Етапи онтогенезу: p – проросток; j – ювенільна рослина; im – іматурна; v – віргінільна;
g₁ – молода генеративна; g₂ – середня генеративна; g₃ – стара генеративна; s – сенільна рослина

Додаток Д
Допоміжні таблиці для розрахунку IDSS

Додаток Д.1.
Допоміжна таблиця для розрахунку IDSS для *Asarum europaeum*

W		W1		№1		№2		№3		№5		№6		№7		№9	
Амплітуда	Клас	Амплітуда	Клас	W	W1	W	W1	W	W1	W	W1	W	W1	W	W1	W	W1
0,64-1,19	I	0,27-0,52	I	1,49	0,62	1,96	0,66	1,14	0,51	1,64	0,84	0,91	0,47	1,61	0,53	3,0	1,2
0,64-1,19	I	0,53-0,77	II	2,13	0,89	2,54	0,54	1,64	0,75	2,58	1,45	1,47	0,56	1,50	0,63	2,3	0,8
0,64-1,19	I	0,78-1,03	III	1,55	0,64	2,26	0,93	2,10	0,96	1,85	0,62	2,03	0,97	1,66	0,76	2,6	1,2
0,64-1,19	I	1,04-1,28	IV	2,93	1,12	2,10	0,89	1,17	0,59	2,29	0,85	1,63	0,64	1,48	0,65	2,3	0,7
0,64-1,19	I	1,29-1,54	V	2,67	0,87	1,66	0,62	0,87	0,37	2,33	1,03	1,44	0,68	1,52	0,72	1,5	0,6
1,20-1,74	II	0,27-0,52	I	1,46	0,62	2,84	0,85	1,79	0,92	2,18	1,03	0,70	0,41	1,11	0,57	2,1	0,7
1,20-1,74	II	0,53-0,77	II	2,70	1,21	1,97	0,60	1,58	0,77	1,54	0,63	1,39	0,63	1,16	0,57	1,1	0,4
1,20-1,74	II	0,78-1,03	III	1,31	0,43	3,19	1,40	1,23	0,47	2,18	1,05	1,31	0,51	0,95	0,43	2,5	0,7
1,20-1,74	II	1,04-1,28	IV	1,01	0,46	2,30	0,70	1,30	0,53	2,59	1,14	2,16	0,83	1,82	0,97	2,3	0,7
1,20-1,74	II	1,29-1,54	V	1,97	0,66	2,88	1,04	1,56	0,65	1,76	0,75	1,93	0,69	1,68	0,83	2,0	0,9
1,75-2,29	III	0,27-0,52	I	1,82	0,85	2,69	1,23	1,03	0,51	2,47	1,26	1,06	0,54	1,47	0,63	2,1	0,7
1,75-2,29	III	0,53-0,77	II	2,07	0,71	3,16	1,27	1,35	0,47	3,14	1,50	0,75	0,36	0,94	0,35	1,4	0,6
1,75-2,29	III	0,78-1,03	III	1,77	0,80	2,10	0,52	1,18	0,61	1,55	0,59	1,41	0,72	1,11	0,45	1,1	0,5
1,75-2,29	III	1,04-1,28	IV	1,35	0,52	1,90	0,57	2,10	1,02	1,94	0,85	0,88	0,37	1,00	0,48	1,2	0,6
1,75-2,29	III	1,29-1,54	V	1,09	0,40	1,15	0,49	1,85	0,72	2,26	1,25	1,61	0,85	1,10	0,45	2,1	1,0
2,30-2,84	IV	0,27-0,52	I	1,01	0,41	1,90	0,54	0,95	0,40	2,89	1,17	1,54	0,58	1,90	0,78	1,4	0,7
2,30-2,84	IV	0,53-0,77	II	2,03	0,83	2,49	1,07	2,13	0,96	1,62	0,76	1,46	0,63	1,11	0,54	0,9	0,4
2,30-2,84	IV	0,78-1,03	III	0,64	0,27	1,54	0,41	2,18	0,85	0,78	0,33	1,15	0,51	1,28	0,52	1,4	0,5
2,30-2,84	IV	1,04-1,28	IV	1,51	0,61	2,32	0,69	1,22	0,59	2,01	0,85	1,04	0,56	1,13	0,58	2,5	1,0
2,30-2,84	IV	1,29-1,54	V	2,23	0,96	2,05	0,74	0,89	0,39	2,38	0,90	0,85	0,36	1,47	0,64	1,1	0,4
2,85-3,40	V	0,27-0,52	I	1,72	0,50	1,75	0,52	1,63	0,89	1,76	0,93	1,19	0,59	1,56	0,80	2,2	1,0
2,85-3,40	V	0,53-0,77	II	1,47	0,71	3,40	1,48	1,91	0,72	1,82	0,84	1,09	0,49	1,75	0,95	1,3	0,6
2,85-3,40	V	0,78-1,03	III	1,19	0,49	2,24	0,73	1,43	0,57	2,13	1,02	1,32	0,62	1,54	0,67	1,0	0,4
2,85-3,40	V	1,04-1,28	IV	2,05	0,75	1,96	0,62	0,90	0,48	1,04	0,35	1,39	0,69	1,25	0,48	2,1	0,9
2,85-3,40	V	1,29-1,54	V	1,54	0,63	1,93	0,59	1,38	0,42	3,12	1,54	1,43	0,68	1,08	0,34	1,4	0,7

I клас II клас III клас IV клас V клас

Додаток Д.2.

Допоміжна таблиця для розрахунку IDSS для *Stellaria holostea*

№1		№1		№2		№3		№4		№5		№8		№9	
Амплітуда	Клас	Амплітуда	Клас	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1	№1
14-23	I	5-14	I	34	13	28	20	26	8	68	30	24	12	38	13
14-23	I	15-23	II	26	12	28	15	26	10	54	29	30	10	36	8
14-23	I	24-32	III	22	14	30	19	26	7	28	10	22	9	37	13
14-23	I	33-41	IV	22	18	48	32	26	9	26	25	35	16	18	11
14-23	I	42-51	V	19	13	25	9	36	15	37	23	26	12	36	12
24-32	II	5-14	I	24	8	28	16	36	13	30	11	28	7	20	10
24-32	II	15-23	II	14	6	46	26	28	10	34	17	24	11	28	15
24-32	II	24-32	III	28	7	20	13	18	6	29	13	36	6	46	16
24-32	II	33-41	IV	30	11	26	12	29	10	70	51	26	11	27	14
24-32	II	42-51	V	20	7	28	13	32	13	46	17	20	9	26	8
33-41	III	5-14	I	23	12	28	16	24	9	26	20	26	11	24	8
33-41	III	15-23	II	26	11	28	13	36	11	31	16	34	11	36	12
33-41	III	24-32	III	24	9	24	13	28	15	37	24	29	12	36	12
33-41	III	33-41	IV	24	8	22	14	34	11	46	24	26	15	30	14
33-41	III	42-51	V	38	18	44	19	34	11	38	15	26	8	28	7
42-50	IV	5-14	I	30	6	22	8	20	6	32	27	22	9	33	17
42-50	IV	15-23	II	26	12	30	16	32	11	30	14	16	9	34	15
42-50	IV	24-32	III	22	7	22	11	36	17	32	19	30	12	30	12
42-50	IV	33-41	IV	14	5	28	15	26	12	39	21	26	11	47	22
42-50	IV	42-51	V	24	8	22	11	34	12	34	13	26	11	34	12
51-59	V	5-14	I	24	7	28	13	45	19	52	26	26	9	32	9
51-59	V	15-23	II	42	18	26	12	40	9	24	9	19	7	28	9
51-59	V	24-32	III	16	5	18	8	28	10	28	12	24	15	21	7
51-59	V	33-41	IV	30	9	22	10	40	14	40	24	30	11	42	20
51-59	V	42-51	V	22	6	26	13	31	9	26	8	20	9	54	21

I клас	II клас	III клас	IV клас	V клас
--------	---------	----------	---------	--------

Додаток Д.3.

Допоміжна таблиця для розрахунку IDSS для *Lathyrus vernus*

W		al		№1		№3		№4		№5		№6		№9	
Амплітуда	Клас	Амплітуда	Клас	W	al	W	al	W	al	W	al	W	al	W	al
1,20-2,12	I	0,70-2,58	I	3,60	4,233	2,48	6,722	5,30	6,965	4,72	5,480	3,19	5,719	3,40	5,939
1,20-2,12	I	2,59-4,46	II	1,79	3,084	3,87	5,772	3,42	5,450	2,54	3,251	2,28	3,101	2,80	3,622
1,20-2,12	I	4,47-6,34	III	2,66	3,200	2,93	3,936	3,20	3,328	2,54	2,891	1,47	2,320	2,19	7,495
1,20-2,12	I	6,35-8,22	IV	2,38	3,991	5,19	7,414	2,36	3,251	3,58	4,386	2,10	4,234	2,72	6,623
1,20-2,12	I	8,23-10,10	V	2,41	4,756	2,79	4,790	4,19	2,304	2,83	4,967	1,63	1,784	1,82	4,756
2,13-3,04	II	0,70-2,58	I	3,71	7,401	3,62	9,190	7,20	8,959	1,97	3,172	2,77	3,190	1,70	4,089
2,13-3,04	II	2,59-4,46	II	2,35	6,905	4,05	5,976	2,89	4,456	2,68	3,906	1,81	4,203	1,68	6,050
2,13-3,04	II	4,47-6,34	III	2,54	3,597	1,68	5,040	2,55	2,945	3,75	3,862	2,06	3,160	2,04	1,806
2,13-3,04	II	6,35-8,22	IV	2,58	6,359	2,56	6,885	2,86	5,156	3,72	4,095	2,10	2,120	1,40	2,927
2,13-3,04	II	8,23-10,10	V	2,82	4,187	3,24	5,183	2,46	2,578	2,34	2,168	2,15	4,538	1,42	4,020
3,05-3,96	III	0,70-2,58	I	2,76	4,124	3,40	5,261	3,10	3,515	2,10	5,341	2,17	2,762	1,53	2,128
3,05-3,96	III	2,59-4,46	II	2,29	5,663	2,56	4,733	4,83	7,618	2,10	2,609	3,23	6,253	2,13	7,808
3,05-3,96	III	4,47-6,34	III	3,48	5,212	1,92	7,001	3,78	5,586	3,24	5,218	3,05	3,381	2,20	12,872
3,05-3,96	III	6,35-8,22	IV	3,14	1,874	2,78	3,028	2,33	2,596	5,74	1,381	1,61	1,828	3,66	18,618
3,05-3,96	III	8,23-10,10	V	2,10	4,975	3,06	7,608	3,19	4,506	1,60	2,363	1,80	5,139	5,33	21,643
3,97-4,88	IV	0,70-2,58	I	2,61	4,212	4,00	10,021	2,38	4,949	2,56	2,401	1,96	2,999	3,40	5,939
3,97-4,88	IV	2,59-4,46	II	2,82	4,726	4,15	9,824	3,68	4,711	2,58	3,032	2,12	2,822	2,80	3,622
3,97-4,88	IV	4,47-6,34	III	2,70	6,261	2,88	7,305	2,22	3,430	1,82	2,602	2,06	3,275	2,19	7,495
3,97-4,88	IV	6,35-8,22	IV	2,98	3,736	3,00	3,392	3,99	7,268	2,36	2,450	1,61	2,003	2,72	6,623
3,97-4,88	IV	8,23-10,10	V	1,76	4,179	2,94	10,462	3,00	3,728	2,14	2,555	1,34	3,069	1,82	4,756
4,89-5,80	V	0,70-2,58	I	3,10	4,579	3,03	8,818	2,34	3,889	2,20	3,916	1,41	2,752	1,70	4,089
4,89-5,80	V	2,59-4,46	II	3,16	10,035	3,23	9,898	3,08	4,338	2,09	0,690	1,57	3,098	1,68	6,050
4,89-5,80	V	4,47-6,34	III	2,39	5,884	9,85	22,245	2,56	2,875	1,70	4,557	2,21	3,410	2,04	1,806
4,89-5,80	V	6,35-8,22	IV	2,49	5,507	3,99	16,960	3,43	5,587	1,92	3,815	1,92	3,682	1,40	2,927
4,89-5,80	V	8,23-10,10	V	1,47	8,483	3,98	10,153	2,78	5,400	1,29	3,421	1,89	1,705	1,53	4,020

I клас	II клас	III клас	IV клас	V клас
--------	---------	----------	---------	--------

Додаток Е
Результати морфометричного аналізу

Додаток Е.1.

Результати морфометричного аналізу *Asarum europaeum*

Морфо- параметри	Досліджувані екосистеми													
	№1		№2		№3		№5		№6		№7		№9	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %
W	1,64±0,10	34,29	2,11±0,10	28,17	1,45±0,07	27,30	2,02±0,10	28,74	1,33±0,07	31,83	1,35±0,05	20,22	1,74±0,10	32,27
Wl	0,65±0,04	35,13	0,73±0,05	40,51	0,62±0,03	29,70	0,91±0,05	35,04	0,61±0,03	29,38	0,61±0,02	26,66	0,70±0,04	32,27
h	13,16±0,42	17,80	11,03±0,27	13,82	11,34±0,36	18,08	13,62±0,37	15,24	11,29±0,41	19,94	12,06±0,25	11,55	9,70±0,36	20,77
Wg	0,18±0,01	35,45	0,23±0,01	39,98	0,18±0,01	38,30	0,26±0,01	38,45	0,19±0,02	60,08	0,16±0,00	32,23	0,21±0,019	50,09
NI	2,36±0,12	28,25	2,76±0,11	22,62	2,09±0,05	14,33	2,06±0,04	12,27	2,00±0,00	0,00	2,00±0,00	0,00	2,13±0,07	20,35
Nfl	1,00±0,00	0,00	1,00±0,00	0,00	1,00±0,00	0,00	1,00±0,00	0,00	1,00±0,00	0,00	1,00±0,00	0,00	1,00±0,00	0,00
A	32,96±2,43	40,53	29,04±2,35	44,36	28,35±1,62	31,97	43,58±2,97	37,37	31,18±1,51	26,57	33,02±1,90	31,58	33,18±2,54	41,96
al	13,83±0,67	26,83	10,26±0,53	28,59	13,64±0,77	31,60	21,08±1,19	30,93	15,59±0,75	26,57	16,51±0,95	31,58	15,34±0,86	31,03
d	0,34±0,01	25,00	0,34±0,01	27,41	0,42±0,01	13,25	0,41±0,01	18,99	0,38±0,01	16,05	0,41±0,01	13,82	0,27±0,01	26,31
LAR	21,45±1,71	43,87	13,60±0,65	26,50	19,60±0,64	18,21	21,44±0,68	17,59	24,05±0,75	17,07	24,18±0,96	21,82	18,89±0,79	23,14
LWR	0,39±0,01	12,14	0,34±0,01	19,64	0,43±0,011	15,04	0,44±0,01	13,36	0,46±0,01	13,05	0,44±0,01	13,49	0,40±0,01	15,95
hWR	8,65±0,39	25,00	5,52±0,25	24,91	8,03±0,21	14,64	7,09±0,28	21,64	8,84±0,28	17,85	9,06±0,21	13,23	5,82±0,19	18,57
AdR	10,22±0,85	45,92	9,49±1,11	64,48	6,75±0,39	32,39	10,55±0,64	33,50	8,27±0,35	23,81	8,13±0,52	35,56	11,96±0,66	30,28
hdR	40,80±2,38	32,01	34,92±1,92	30,23	27,22±1,07	22,03	33,87±1,67	27,05	30,16±1,15	20,96	29,71±0,98	18,20	36,11±1,17	17,80
RE1	12,13±0,72	32,80	11,49±0,75	36,13	12,69±0,75	32,98	13,18±0,85	35,41	13,78±1,05	41,86	12,55±0,71	31,17	13,10±1,02	42,71
RE2	0,67±0,06	55,23	0,93±0,08	49,23	0,69±0,05	47,38	0,63±0,04	39,84	0,60±0,05	47,48	0,56±0,04	48,10	0,73±0,06	48,64

Додаток Е.2.

Результати морфометричного аналізу *Stellaria holostea*

Морфо- параметри	Досліджувані екосистеми											
	№2		№3		№4		№5		№8		№9	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %
W	1,49±0,11	43,58	0,67±0,07	58,95	1,19±0,05	26,97	1,88±0,18	53,68	1,31±0,08	34,54	1,58±0,12	44,88
Wl	0,49±0,04	49,29	0,15±0,01	48,84	0,44±0,03	36,91	0,61±0,05	47,99	0,50±0,03	39,19	0,68±0,07	60,32
h	42,65±1,40	18,04	26,89±0,86	17,66	30,18±0,80	14,60	37,68±1,26	18,42	35,03±0,96	15,09	36,35±1,48	22,71
Wg	0,22±0,02	51,82	0,19±0,01	42,81	0,24±0,01	34,89	0,40±0,04	59,53	0,19±0,01	28,40	0,21±0,01	45,75
Nl	26,53±1,34	27,83	27,96±1,27	24,88	31,60±1,15	20,04	39,30±2,79	38,99	26,03±1,11	23,56	31,29±1,53	27,33
Nfl	10,13±0,72	39,28	14,56±0,90	34,19	11,63±0,58	27,59	20,93±2,38	62,48	10,53±0,51	26,70	11,96±0,76	35,67
A	80,23±9,01	61,49	49,02±5,74	64,14	77,98±5,73	40,25	135,64±18,01	72,73	41,81±4,70	61,61	98,26±10,82	61,34
al	2,83±0,20	38,82	1,65±0,12	42,63	2,41±0,13	31,19	3,20±0,19	33,52	1,53±0,11	41,85	3,01±0,23	44,30
d	0,22±0,01	32,63	0,25±0,01	26,45	0,25±0,01	22,55	0,30±0,01	27,68	0,24±0,01	23,35	0,22±0,01	36,14
LAR	52,96±3,84	39,74	62,77±5,11	44,62	63,57±2,55	22,04	69,65±3,86	30,36	30,53±1,75	31,41	62,69±4,44	39,51
LWR	0,33±0,01	31,16	0,20±0,01	43,65	0,37±0,01	20,05	0,33±0,01	23,83	0,38±0,01	18,12	0,41±0,01	25,90
hWR	32,47±1,86	31,38	40,25±3,95	53,83	26,45±1,05	21,91	23,52±1,64	38,31	28,47±1,05	20,21	25,60±1,36	29,62
AdR	35,05±3,17	49,54	19,03±1,84	53,03	31,05±2,23	39,33	43,44±3,96	49,94	17,14±1,69	54,04	50,11±6,46	71,78
hdR	202,94±11,50	31,03	111,51±6,11	30,02	123,13±4,60	20,46	132,70±6,70	27,68	148,84±5,53	20,35	189,32±17,44	51,30
RE1	14,84±0,73	26,95	26,13±2,25	47,20	20,79±1,04	27,57	21,41±0,85	21,98	15,81±0,66	22,89	14,04±0,86	34,43
RE2	0,31±0,02	50,77	0,46±0,03	41,78	0,35±0,02	42,41	0,34±0,02	46,31	0,57±0,04	45,45	0,26±0,02	59,23

Додаток Е.3.

Результати морфометричного аналізу *Lathyrus vernus*

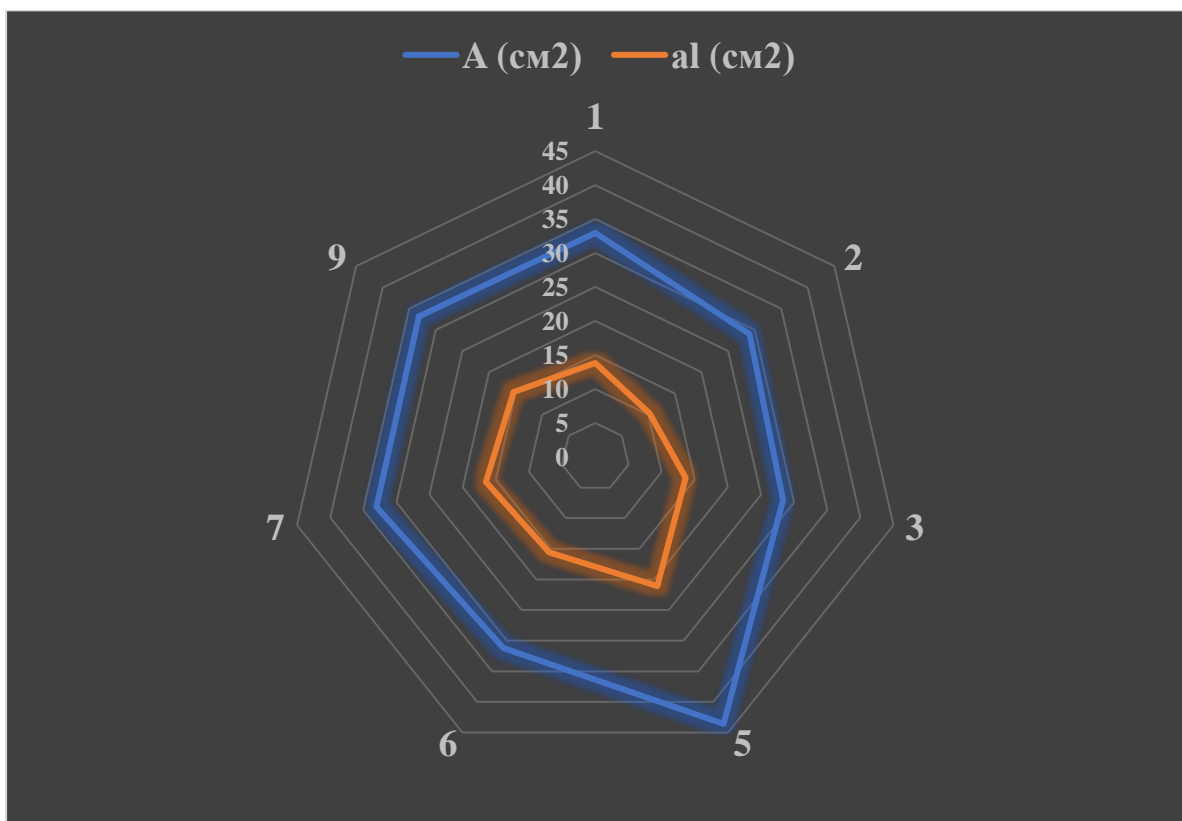
Морфо- параметри	Досліджувані екосистеми											
	№1		№3		№4		№5		№6		№9	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	V, %
W	2,52±0,10	23,86	3,58±0,29	42,55	3,21±0,19	33,69	2,49±0,18	40,00	2,03±0,10	29,44	2,40±0,27	44,21
Wl	0,87±0,05	31,70	1,50±0,17	60,59	1,08±0,08	42,98	0,76±0,06	46,37	0,64±0,04	34,96	1,20±0,25	82,83
h	28,15±0,59	11,66	32,06±1,36	22,04	28,13±0,71	13,95	24,19±0,64	14,50	21,48±0,56	14,57	26,54±1,33	19,42
Wg	0,50±0,04	44,19	0,46±0,05	61,33	0,81±0,04	28,27	0,64±0,05	43,70	0,51±0,03	38,04	0,30±0,04	55,05
Nl	35,86±0,97	14,89	36,33±0,97	13,97	41,10±1,11	14,92	36,46±1,41	21,28	33,48±1,06	17,63	34,20±2,18	24,71
Nfl	11,80±0,94	43,74	10,88±1,39	66,68	14,86±0,77	28,68	13,46±1,06	43,41	12,32±0,75	34,00	6,40±1,01	61,03
A	179,39±11,49	35,11	301,86±30,42	52,36	191,98±15,68	44,73	121,91±10,23	45,98	113,58±10,01	49,07	234,09±43,73	72,35
al	5,03±0,31	33,88	8,37±0,85	53,30	4,59±0,30	36,32	3,32±0,21	35,19	3,26±0,20	35,57	7,35±1,52	80,06
d	0,29±0,01	16,52	0,35±0,01	19,89	0,30±0,01	20,27	0,29±0,01	16,52	0,23±0,01	20,45	0,29±0,01	15,60
LAR	73,61±4,78	35,60	84,50±5,27	32,41	59,02±2,80	25,98	51,29±3,43	36,65	54,92±3,34	33,87	91,76±8,72	36,81
LWR	0,34±0,01	23,27	0,40±0,02	27,78	0,33±0,01	28,70	0,30±0,01	22,82	0,31±0,01	20,54	0,45±0,04	38,33
hWR	11,85±0,63	29,52	9,67±0,50	27,08	9,25±0,34	20,11	10,58±0,46	23,81	11,11±0,41	20,75	12,16±0,88	28,05
AdR	62,16±4,28	37,74	88,40±8,77	51,58	63,45±4,43	38,27	41,62±3,30	43,45	49,61±4,34	48,72	79,87±13,38	64,88
hdR	97,98±4,22	23,61	95,92±6,71	36,37	95,93±4,02	22,98	83,14±2,70	17,84	94,83±3,12	18,36	91,98±5,06	21,33
RE1	19,78±1,16	32,28	14,28±1,58	57,77	26,02±1,02	21,48	26,04±0,88	18,61	25,50±1,04	22,90	14,51±2,22	59,28
RE2	0,33±0,04	72,97	0,21±0,03	86,52	0,48±0,04	45,23	0,63±0,08	73,37	0,52±0,04	45,81	0,21±0,05	94,44

Додаток Ж

Діаграми розподілу за популяціями значень ключових морфопараметрів

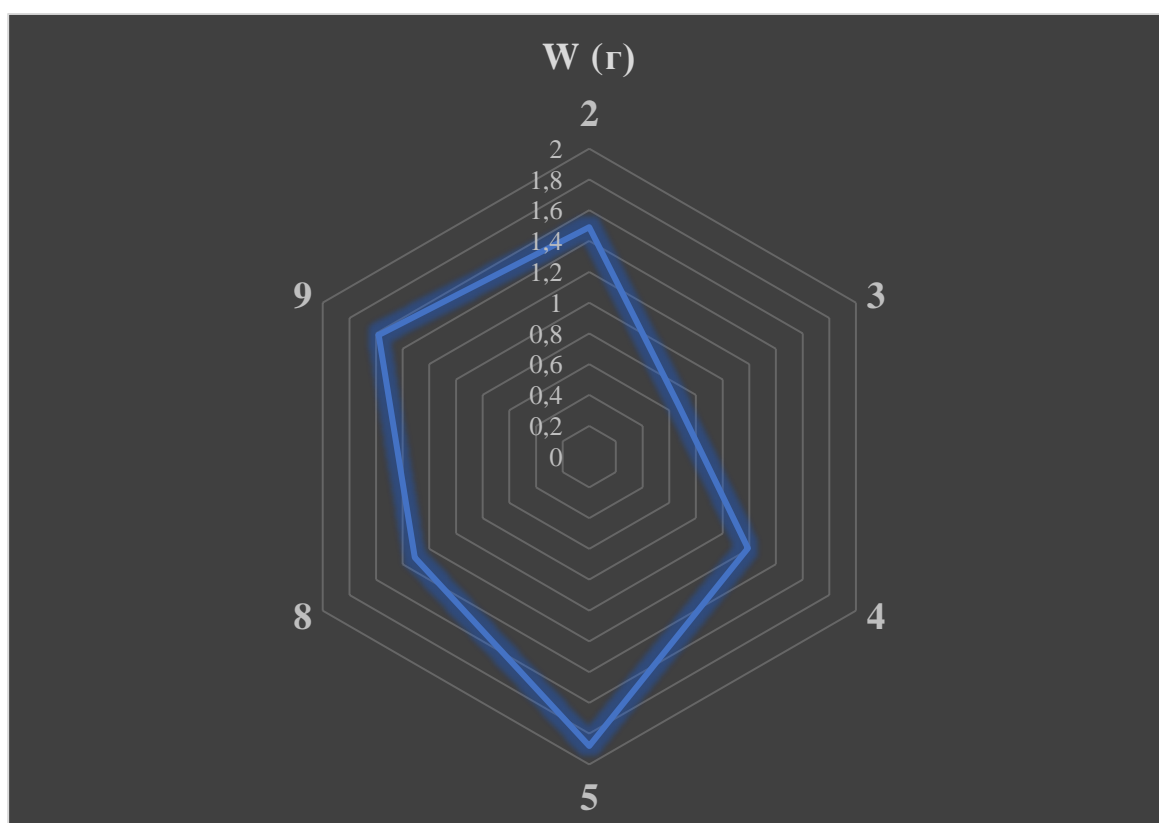
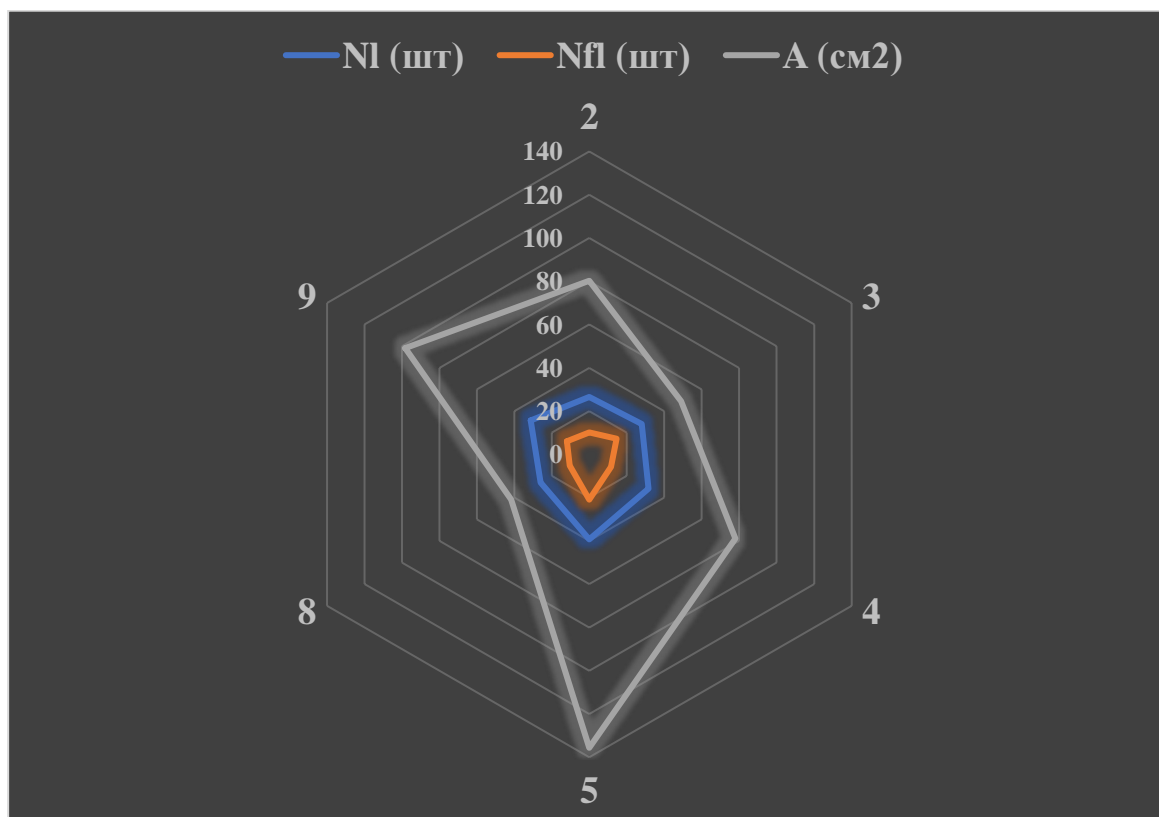
Додаток Ж.1.

Діаграми розподілу значень ключових морфопараметрів *Asarum europaeum*

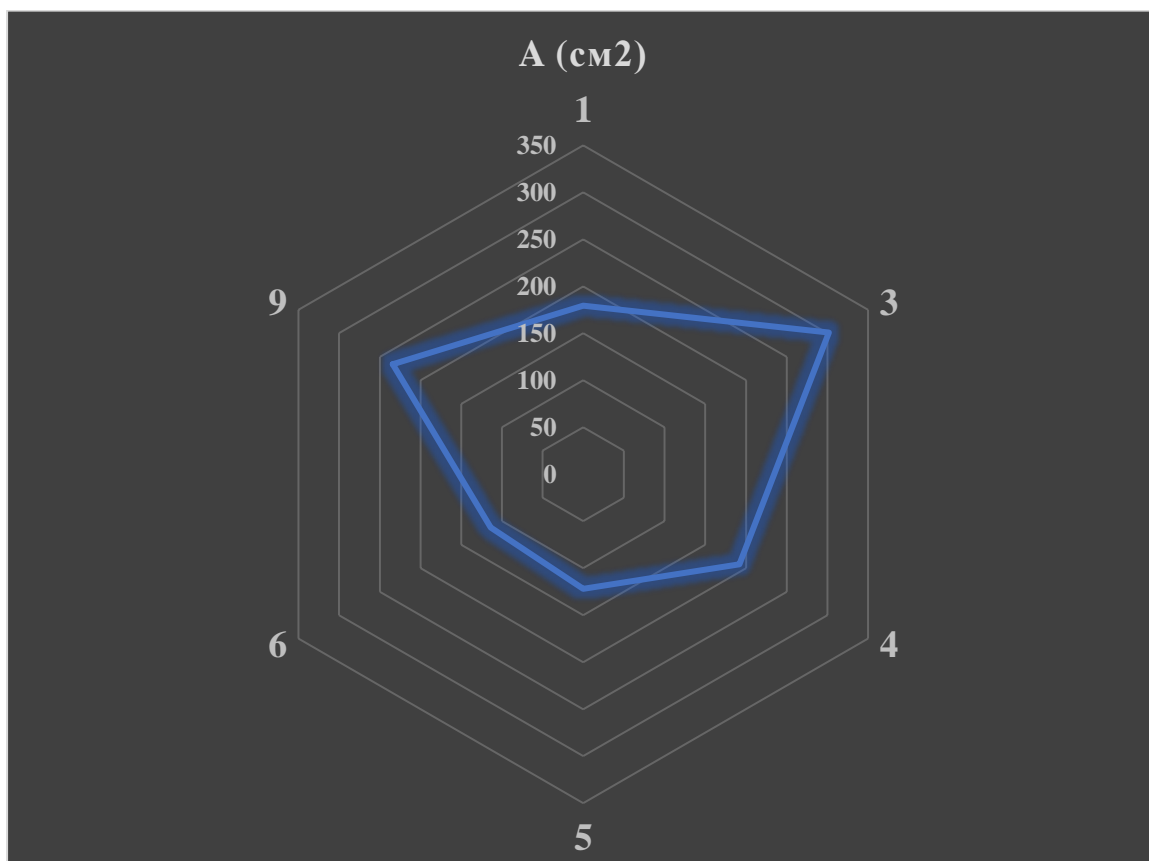
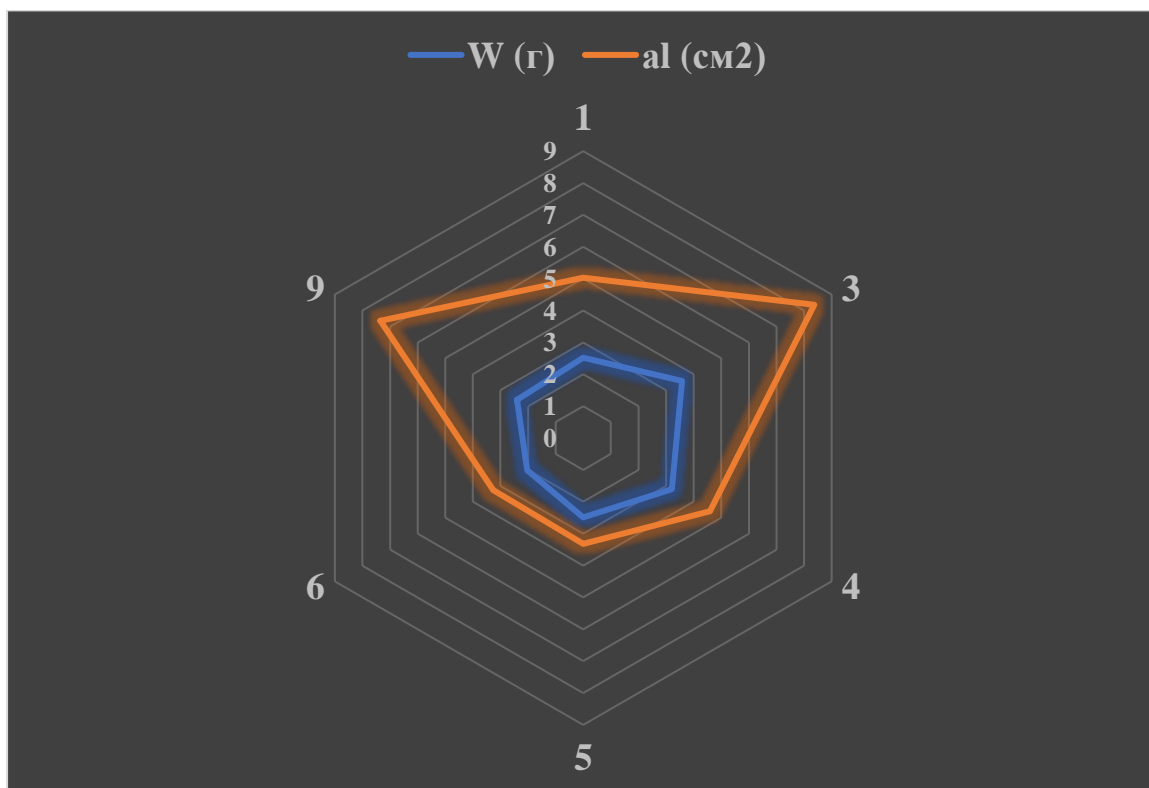


Додаток Ж.2.

Діаграми розподілу значень ключових морфопараметрів *Stellaria holostea*



Додаток Ж.3.

Діаграми розподілу значень ключових морфопараметрів *Lathyrus vernus*

Додаток 3

Кореляційні матриці морфопараметрів та кореляційні плеяди

Додаток 3.1.

Кореляційна матриця метричних і алометричних морфопараметрів *Asarum europaeum*
(екосистема пралісу №9)

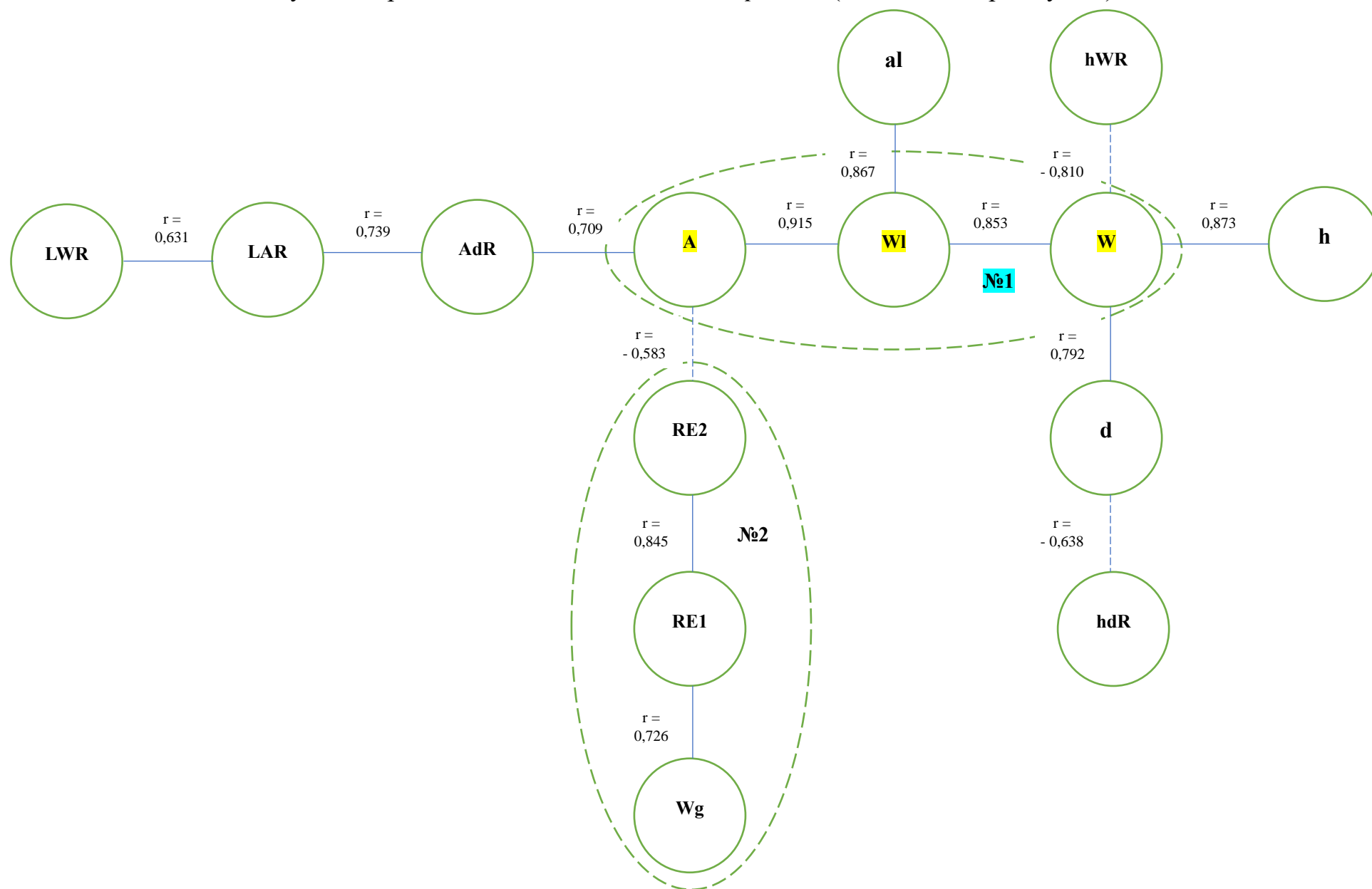
	W	Wl	h	Wg	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
W	1	,853**	,873**	,269	,839**	,752**	,792**	,075	-,282	-,810**	,415*	-,179	-,399*	-,352
Wl	,853**	1	,672**	,141	,915**	,867**	,692**	,389*	,243	-,785**	,613**	-,257	-,428*	-,517**
h	,873**	,672**	1	,156	,756**	,526**	,729**	,047	-,388*	-,438*	,320	,037	-,411*	-,321
Wg	,269	,141	,156	1	,068	,338	,007	-,137	-,233	-,320	,143	,140	,726**	,657**
A	,839**	,915**	,756**	,068	1	,824**	,698**	,565**	,128	-,663**	,709**	-,166	-,420*	-,583**
al	,752**	,867**	,526**	,338	,824**	1	,561**	,508**	,228	-,791**	,699**	-,197	-,204	-,442*
d	,792**	,692**	,729**	,007	,698**	,561**	1	,087	-,182	-,573**	,026	-,638**	-,513**	-,455*
LAR	,075	,389*	,047	-,137	,565**	,508**	,087	1	,631**	-,125	,739**	-,072	-,072	-,546**
LWR	-,282	,243	-,388*	-,233	,128	,228	-,182	,631**	1	,031	,375*	-,181	-,059	-,344
hWR	-,810**	-,785**	-,438*	-,320	-,663**	-,791**	-,573**	-,125	,031	1	-,453*	,333	,262	,316
AdR	,415*	,613**	,320	,143	,709**	,699**	,026	,739**	,375*	-,453*	1	,342	-,076	-,413*
hdR	-,179	-,257	,037	,140	-,166	-,197	-,638**	-,072	-,181	,333	,342	1	,258	,278
RE1	-,399*	-,428*	-,411*	,726**	-,420*	-,204	-,513**	-,072	-,059	,262	-,076	,258	1	,845**
RE2	-,352	-,517**	-,321	,657**	-,583**	-,442*	-,455*	-,546**	-,344	,316	-,413*	,278	,845**	1

Додаток 3.2.

Побудова максимального кореляційного шляху *Asarum europaeum*
(екосистема пралісу №9)

	W	Wl	h	Wg	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
W		Wl ,853**	h ,873**	Wg ,269	A ,839**	al ,752**	d ,792**	LAR ,075	LWR -,282	hWR -,810**	AdR ,415*	hdR -,179	RE1 -,399*	RE2 -,352
		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
h		Wl ,853**		Wg ,269	A ,839**	al ,752**	d ,792**	LAR ,075	LWR -,388*	hWR -,810**	AdR ,415*	hdR -,179	RE1 -,411*	RE2 -,352
		W		W	W	W	W	W	h	W	W	W	h	W
Wl				Wg ,269	A ,915**	al ,867**	d ,792**	LAR ,389*	LWR -,388*	hWR -,810**	AdR ,613**	hdR -,257	RE1 -,428*	RE2 -,517**
				W	Wl	Wl	W	Wl	h	W	Wl	Wl	Wl	Wl
A				Wg ,269		al ,867**	d ,792**	LAR ,565**	LWR -,388*	hWR -,810**	AdR ,709**	hdR -,257	RE1 -,428*	RE2 -,583**
				W		Wl	W	A	h	W	A	Wl	Wl	A
al				Wg ,338			d ,792**	LAR ,565**	LWR -,388*	hWR -,810**	AdR ,709**	hdR -,257	RE1 -,428*	RE2 -,583**
				al			W	A	h	W	A	Wl	Wl	A
hWR				Wg ,338			d ,792**	LAR ,565**	LWR -,388*		AdR ,709**	hdR ,333	RE1 -,428*	RE2 -,583**
				al			W	A	h		A	hWR	Wl	A

Додаток 3.3.
Побудова кореляційної плеяди *Asarum europaeum* (екосистема пралісу №9)



Додаток 3.4.

Кореляційна матриця метричних і алометричних морфопараметрів *Stellaria holostea*
(екосистема стиглого лісу №3)

	W	Wl	h	Wg	Nl	Nfl	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
W	1	,791**	,690**	,875**	,883**	,851**	,918**	,783**	,588**	,335	-,186	-,867**	,733**	-,198	-,441*	-,424*
Wl	,791**	1	,524**	,628**	,621**	,598**	,841**	,857**	,594**	,529**	,397*	-,745**	,670**	-,242	-,514**	-,598**
h	,690**	,524**	1	,370*	,478**	,341	,480**	,461*	,584**	-,030	-,149	-,452*	,252	-,089	-,703**	-,295
Wg	,875**	,628**	,370*	1	,883**	,955**	,873**	,682**	,472**	,372*	-,291	-,848**	,733**	-,255	,007	-,247
Nl	,883**	,621**	,478**	,883**	1	,863**	,839**	,550**	,347	,298	-,234	-,772**	,766**	-,058	-,178	-,235
Nfl	,851**	,598**	,341	,955**	,863**	1	,845**	,643**	,452*	,332	-,299	-,810**	,724**	-,223	-,067	-,238
A	,918**	,841**	,480**	,873**	,839**	,845**	1	,901**	,491**	,642**	,014	-,800**	,861**	-,226	-,316	-,574**
al	,783**	,857**	,461*	,682**	,550**	,643**	,901**	1	,551**	,733**	,196	-,732**	,733**	-,297	-,414*	-,719**
d	,588**	,594**	,584**	,472**	,347	,452*	,491**	,551**	1	,126	,006	-,515**	,024	-,787**	-,411*	-,292
LAR	,335	,529**	-,030	,372*	,298	,332	,642**	,733**	,126	1	,455*	-,279	,653**	-,168	-,070	-,791**
LWR	-,186	,397*	-,149	-,291	-,234	-,299	,014	,196	,006	,455*	1	,140	,062	-,018	-,204	-,490**
hWR	-,867**	-,745**	-,452*	-,848**	-,772**	-,810**	-,800**	-,732**	-,515**	-,279	,140	1	-,686**	,171	,236	,314
AdR	,733**	,670**	,252	,733**	,766**	,724**	,861**	,733**	,024	,653**	,062	-,686**	1	,251	-,168	-,541**
hdR	-,198	-,242	-,089	-,255	-,058	-,223	-,226	-,297	-,787**	-,168	-,018	,171	,251	1	,017	,113
RE1	-,441*	-,514**	-,703**	,007	-,178	-,067	-,316	-,414*	-,411*	-,070	-,204	,236	-,168	,017	1	,496**
RE2	-,424*	-,598**	-,295	-,247	-,235	-,238	-,574**	-,719**	-,292	-,791**	-,490**	,314	-,541**	,113	,496**	1

Додаток 3.5.

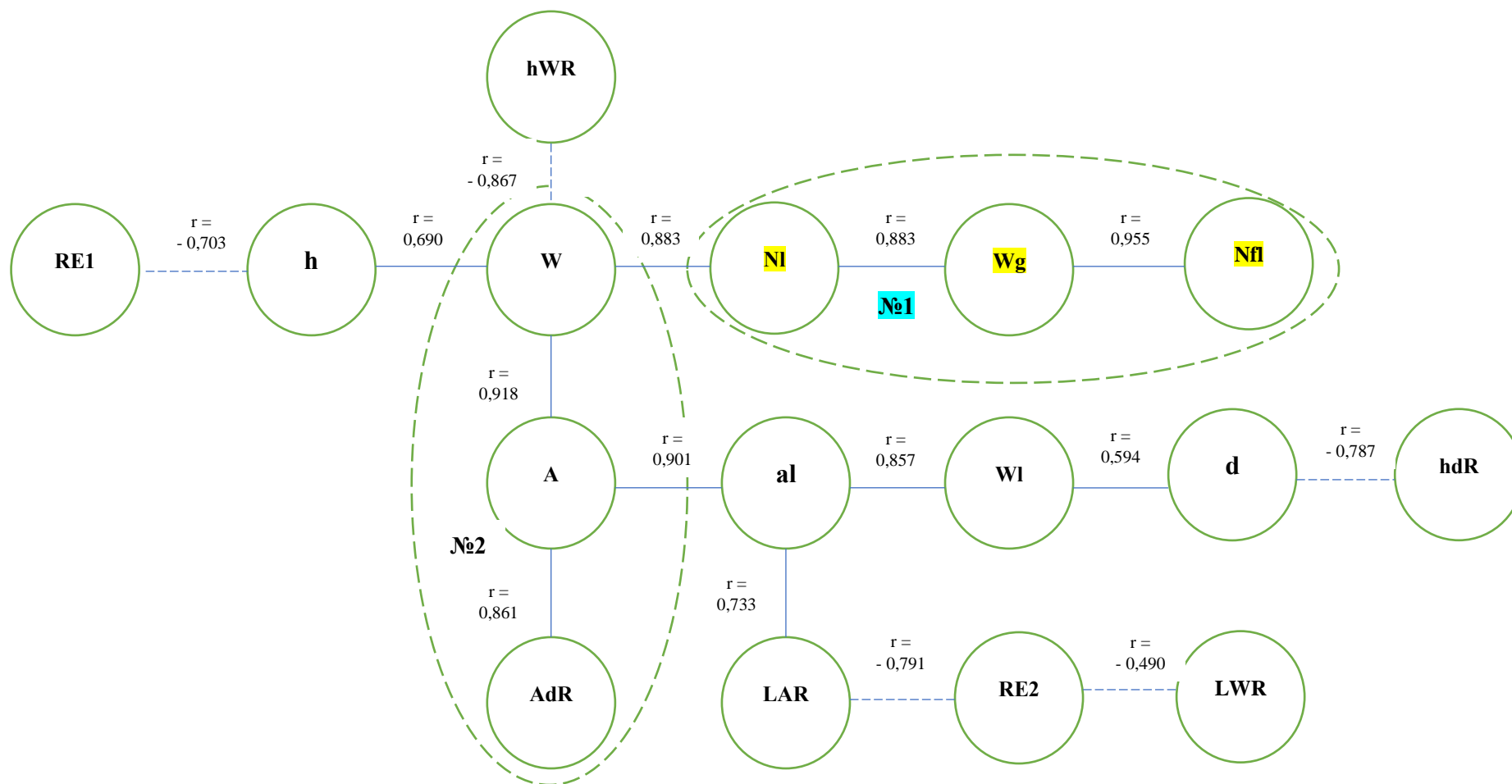
Побудова максимального кореляційного шляху *Stellaria holostea*
(екосистема стиглого лісу №3)

	W	Wl	h	Wg	Nl	Nfl	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
W		Wl ,791**	h ,690**	Wg ,875**	Nl ,883**	Nfl ,851**	A ,918**	al ,783**	d ,588**	LAR ,335	LWR -,186	hWR -,867**	AdR ,733**	hdR -,198	RE1 -,441*	RE2 -,424*
		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
A		Wl ,841**	h ,690**	Wg ,875**	Nl ,883**	Nfl ,851**		al ,901**	d ,588**	LAR ,642**	LWR -,186	hWR -,867**	AdR ,861**	hdR -,226	RE1 -,441*	RE2 -,574**
		A	W	W	W	W		A	W	A	W	W	A	A	W	A
al		Wl ,857**	h ,690**	Wg ,875**	Nl ,883**	Nfl ,851**			d ,588**	LAR ,733**	LWR ,196	hWR -,867**	AdR ,861**	hdR -,297	RE1 -,441*	RE2 -,719**
		al	W	W	W	W			W	al	al	W	A	al	W	al
Nl		Wl ,857**	h ,690**	Wg ,883**		Nfl ,863**			d ,588**	LAR ,733**	LWR -,234	hWR -,867**	AdR ,861**	hdR -,297	RE1 -,441*	RE2 -,719**
		al	W	Nl		Nl			W	al	Nl	W	A	al	W	al
Wg		Wl ,857**	h ,690**			Nfl ,955**			d ,588**	LAR ,733**	LWR -,291	hWR -,867**	AdR ,861**	hdR -,297	RE1 -,441*	RE2 -,719**
		al	W			Wg			W	al	Wg	W	A	al	W	al
Nfl		Wl ,857**	h ,690**						d ,588**	LAR ,733**	LWR -,299	hWR -,867**	AdR ,861**	hdR -,297	RE1 -,441*	RE2 -,719**
		al	W						W	al	Nfl	W	A	al	W	al

(Прод. додатка 3.5.)

	W	Wl	h	Wg	Nl	Nfl	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
hWR		Wl ,857** al	h ,690** W						d ,588** W	LAR ,733** al	LWR -,299 Nfl		AdR ,861** A	hdR -,297 al	RE1 -,441* W	RE2 -,719** al
AdR		Wl ,857** al	h ,690** W						d ,588** W	LAR ,733** al	LWR -,299 Nfl			hdR -,297 al	RE1 -,441* W	RE2 -,719** al
Wl			h ,690** W						d ,594** Wl	LAR ,733** al	LWR ,397* Wl			hdR -,297 al	RE1 -,514** Wl	RE2 -,719** al
LAR			h ,690** W						d ,594** Wl		LWR ,455* LAR			hdR -,297 al	RE1 -,514** Wl	RE2 -,791** LAR
RE2			h ,690** W						d ,594** Wl		LWR -,490** RE2			hdR -,297 al	RE1 -,514** Wl	
h									d ,594** Wl		LWR -,490** RE2			hdR -,297 al	RE1 -,703** h	
RE1									d ,594** Wl		LWR -,490** RE2			hdR -,297 al		
d											LWR -,490** RE2			hdR -,787** d		
hdR											LWR -,490** RE2					

Додаток 3.6.

Побудова кореляційної пляєди *Stellaria holostea* (екосистема стиглого лісу №3)

Додаток 3.7.

Кореляційна матриця метричних і алометричних морфопараметрів *Lathyrus vernus*
(екосистема перестійного лісу №5)

	W	Wl	h	Wg	Nl	Nfl	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
W	1	,888**	,627**	,913**	,748**	,548**	,437*	,131	,667**	-,322	,011	-,893**	,208	-,109	-,068	,308
Wl	,888**	1	,507**	,737**	,644**	,260	,462*	,223	,435*	-,175	,453*	-,814**	,327	,012	-,219	,184
h	,627**	,507**	1	,488**	,548**	,450*	,324	,066	,315	-,264	-,123	-,367*	,209	,447*	-,338	,079
Wg	,913**	,737**	,488**	1	,631**	,656**	,451*	,205	,607**	-,258	-,131	-,853**	,225	-,159	,316	,339
Nl	,748**	,644**	,548**	,631**	1	,533**	,540**	,088	,530**	-,089	-,040	-,759**	,370*	-,065	-,192	,116
Nfl	,548**	,260	,450*	,656**	,533**	1	,328	,073	,427*	-,211	-,485**	-,470**	,141	-,063	,323	,215
A	,437*	,462*	,324	,451*	,540**	,328	1	,870**	,186	,618**	,181	-,486**	,922**	,077	,012	-,497**
al	,131	,223	,066	,205	,088	,073	,870**	1	-,046	,810**	,260	-,174	,873**	,094	,118	-,663**
d	,667**	,435*	,315	,607**	,530**	,427*	,186	-,046	1	-,385*	-,351	-,713**	-,185	-,679**	-,095	,285
LAR	-,322	-,175	-,264	-,258	-,089	-,211	,618**	,810**	-,385*	1	,278	,250	,775**	,149	,086	-,755**
LWR	,011	,453*	-,123	-,131	-,040	-,485**	,181	,260	-,351	,278	1	-,027	,338	,262	-,344	-,193
hWR	-,893**	-,814**	-,367*	-,853**	-,759**	-,470**	-,486**	-,174	-,713**	,250	-,027	1	-,229	,363*	-,045	-,256
AdR	,208	,327	,209	,225	,370*	,141	,922**	,873**	-,185	,775**	,338	-,229	1	,345	,016	-,594**
hdR	-,109	,012	,447*	-,159	-,065	-,063	,077	,094	-,679**	,149	,262	,363*	,345	1	-,185	-,198
RE1	-,068	-,219	-,338	,316	-,192	,323	,012	,118	-,095	,086	-,344	-,045	,016	-,185	1	,211
RE2	,308	,184	,079	,339	,116	,215	-,497**	-,663**	,285	-,755**	-,193	-,256	-,594**	-,198	,211	1

Додаток 3.8.

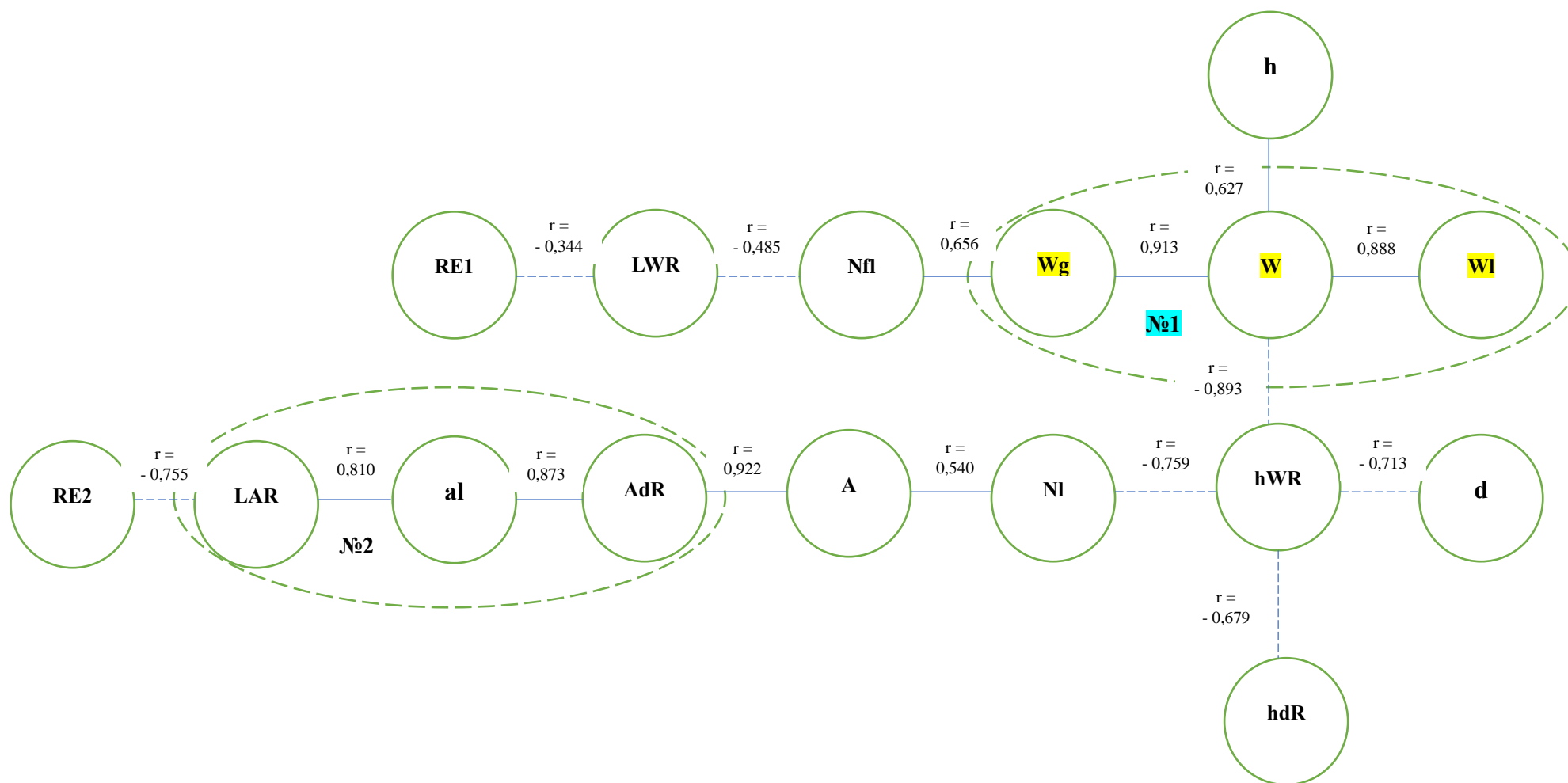
Побудова максимального кореляційного шляху *Lathyrus vernus*
(екосистема перестійного лісу №5)

	W	Wl	h	Wg	Nl	Nfl	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
W		Wl ,888**	h ,627**	Wg ,913**	Nl ,748**	Nfl ,548**	A ,437*	al ,131	d ,667**	LAR -,322	LWR ,011	hWR -,893**	AdR ,208	hdR -,109	RE1 -,068	RE2 ,308
		W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
Wg		Wl ,888**	h ,627**		Nl ,748**	Nfl ,656**	A ,451*	al ,205	d ,667**	LAR -,322	LWR -,131	hWR -,893**	AdR ,225	hdR -,159	RE1 ,316	RE2 ,339
		W	W		W	Wg	Wg	Wg	W	W	Wg	W	Wg	Wg	Wg	Wg
hWR		Wl ,888**	h ,627**		Nl -,759**	Nfl ,656**	A -,486**	al ,205	d -,713**	LAR -,322	LWR -,131		AdR -,229	hdR ,363*	RE1 ,316	RE2 ,339
		W	W		hWR	Wg	hWR	Wg	hWR	W	Wg		hWR	hWR	Wg	Wg
Wl			h ,627**		Nl -,759**	Nfl ,656**	A -,486**	al ,223	d -,713**	LAR -,322	LWR ,453*		AdR ,327	hdR ,363*	RE1 ,316	RE2 ,339
			W		hWR	Wg	hWR	Wg	hWR	W	Wg		hWR	hWR	Wg	Wg
Nl			h ,627**			Nfl ,656**	A ,540**	al ,223	d -,713**	LAR -,322	LWR ,453*		AdR ,370*	hdR ,363*	RE1 ,316	RE2 ,339
			W			Wg	Nl	Wg	hWR	W	Wg		Nl	hWR	Wg	Wg
d			h ,627**			Nfl ,656**	A ,540**	al ,223		LAR -,385*	LWR ,453*		AdR ,370*	hdR -,679**	RE1 ,316	RE2 ,339
			W			Wg	Nl	Wg		W	Wg		Nl	hWR	Wg	Wg
hdR			h ,627**			Nfl ,656**	A ,540**	al ,223		LAR -,385*	LWR ,453*		AdR ,370*		RE1 ,316	RE2 ,339
			W			Wg	Nl	Wg		W	Wg		Nl		Wg	Wg

(Прод. додатка 3.8.)

	W	Wl	h	Wg	Nl	Nfl	A	al	d	LAR	LWR	hWR	AdR	hdR	RE1	RE2
Nfl			h ,627** W				A ,540** Nl	al ,223 Wg		LAR -,385* W	LWR -,485** Nfl		AdR ,370* Nl		RE1 ,323 Nfl	RE2 ,339 Wg
h							A ,540** Nl	al ,223 Wg		LAR -,385* W	LWR -,485** Nfl		AdR ,370* Nl		RE1 -,338 h	RE2 ,339 Wg
A								al ,870** A		LAR ,618** A	LWR -,485** Nfl		AdR ,922** A		RE1 -,338 h	RE2 -,497** A
AdR								al ,873** AdR		LAR ,775** AdR	LWR -,485** Nfl				RE1 -,338 h	RE2 -,594** AdR
al										LAR ,810** al	LWR -,485** Nfl				RE1 -,338 h	RE2 -,663** al
LAR											LWR -,485** Nfl				RE1 -,338 h	RE2 -,755** LAR
RE2											LWR -,485** Nfl				RE1 -,338 h	
LWR															RE1 -,344 LWR	

Додаток 3.9.

Побудова кореляційної плеті *Lathyrus vernus* (екосистема перестійного лісу №5)

Додаток И

Результати факторного аналізу (жовтим кольором виділено ключові морфопараметри)

Додаток И.1.

Результати факторного аналізу *Asarum europaeum*

Екосистема №1

	Компонент			
	1	2	3	4
WI	,979			
W	,940			
hWR	-,931			
NI	,776			
RE1	-,653			
RE2		-,877		
al		,833		
LAR		,832		
A	,615	,757		
AdR		,602		,590
Wg			,852	
LWR			-,808	
h	,601		,639	
hdR				,946
d				-,935

Екосистема №2

	Компонент			
	1	2	3	4
W	,989			
WI	,839			
al	,775			
hWR	-,759			
A	,757		,510	
h	,749			
hdR		,961		
d		-,912		
AdR		,744		
NI		,559		
LWR			,872	
LAR			,736	
RE1				,923
Wg				,855
RE2				,798

(Прод. додатка И.1.)

Результати факторного аналізу *Asarum europaeum*

Екосистема №3

	Компонент		
	1	2	3
W	,950		
A	,929		
al	,902		
WI	,899		
h	,874		
AdR	,838		
hWR	-,683		,622
RE2		,928	
LWR		-,849	
LAR		-,841	
RE1		,812	
Wg		,797	
d			-,847
hdR	,573		,792

Екосистема №5

	Компонент			
	1	2	3	4
W	,988			
WI	,899			
hWR	-,854			
al	,820	,519		
h	,813			
A	,744	,616		
LAR		,940		
AdR		,678		,557
LWR		,652		
RE1			,966	
RE2			,871	
Wg	,506		,852	
hdR				,983
d	,652			-,703

Екосистема №6

	Компонент			
	1	2	3	4
al	,978			
A	,978			
WI	,956			
hWR	-,832			
W	,828			
AdR	,693			,664
RE1		,989		
RE2		,915		
Wg		,801		
LAR			-,886	
LWR			-,750	
h	,570		,730	
hdR				,919
d	,535			-,688

(Прод. додатка И.1.)

Результати факторного аналізу *Asarum europaeum*

Екосистема №7

	Компонент			
	1	2	3	4
A	,878			
al	,878			
LAR	,872			
LWR	,847			
AdR	,827			
WI	,759	,610		
hWR	-,664			
h		,944		
W		,884		
Wg			,944	
RE1			,865	
RE2	-,675		,692	
d				-,970
hdR				,870

Екосистема №9

	Компонент			
	1	2	3	4
W	,982			
A	,883			
WI	,881			
h	,849			
al	,823			
hWR	-,813			
d	,781			
Wg		,905		
RE1		,872		
RE2		,780		
NI	,544	-,584		
LWR			,869	
LAR			,863	
AdR			,712	
hdR				,910

Додаток И.2.

Результати факторного аналізу *Stellaria holostea*

Екосистема №2

	Компонент			
	1	2	3	4
W	,960			
hWR	-,909			
WI	,818			
Nfi	,810			
Wg	,781		,535	
h	,775			
al	,699	,575		
LAR		,984		
AdR		,869		
A	,650	,722		
NI	,536	,704		
RE1			,934	
RE2		-,619	,749	
hdR				,891
d	,652			-,692
LWR				,632

Екосистема №3

	Компонент			
	1	2	3	4
NI	,947			
Wg	,942			
Nfi	,931			
A	,819		,520	
W	,784			
AdR	,781		,513	
RE1		,935		
LWR		,864		
hWR		,857		
LAR		,817		
RE2			-,911	
al	,547		,737	
WI	,543		,682	
d				,916
hdR				-,903
h				

(Прод. додатка И.2.)

Результати факторного аналізу *Stellaria holostea*

Екосистема №4

	Компонент			
	1	2	3	4
NI	,873			
LAR	,791			
AdR	,736			
A	,728	,583		
Nfl	,653			,523
hWR	-,627			
h		,935		
W		,798		
al		,703		
WI		,644	,551	
LWR			,885	
RE1			-,877	
Wg			-,815	
RE2	-,509		-,758	
hdR				-,944
d				,825

Екосистема №5

	Компонент		
	1	2	3
NI	,909		
A	,906		
Nfl	,892		
W	,873		
h	,842		
AdR	,819		
Wg	,752		
WI	,709		
al	,659	,614	
RE2		-,868	
RE1		-,781	
LWR		,769	
LAR		,659	
hdR			-,894
hWR			-,764
d	,572		,694

(Прод. додатка И.2.)

Результати факторного аналізу *Stellaria holostea*

Екосистема №8

	Компонент			
	1	2	3	4
LAR	,977			
al	,851			
A	,844			
AdR	,836			
RE2	-,715			
W		,807		
hWR		-,803		
Nfl		,755		
Wg	,527	,700		
h		,699		
NI	,530	,660		
RE1			-,937	
LWR			,825	
WI		,575	,670	
hdR				,969
d				-,845

Екосистема №9

	Компонент			
	1	2	3	4
W	,950			
hWR	-,871			
Nfl	,813			
Wg	,808		,554	
WI	,789		-,553	
NI	,759			
h	,705			,601
LAR		,974		
al		,762		
RE2		-,725	,575	
A	,652	,718		
AdR		,700		,568
RE1			,943	
LWR			-,917	
hdR				,955
d				-,834

Додаток И.3.
Результати факторного аналізу *Lathyrus vernus*

Екосистема №1

	Компонент			
	1	2	3	4
A	,945			
AdR	,914			
al	,903			
WI	,866			
LWR	,722	-,577		
Wg		,896		
Nfl		,791		
RE1		,747		
W		,721	,531	
hWR		-,716		
RE2	-,532	,710		
LAR	,602	-,655		
d			,844	
NI			,796	
hdR			-,704	,582
h				,955

Екосистема №3

	Компонент		
	1	2	3
LAR	,885		
RE2	-,883		
LWR	,839		
Nfl	-,793		
AdR	,691	,602	
Wg	-,688		,540
RE1	-,651	-,553	
W		,952	
WI		,889	
h		,809	
A	,543	,783	
al	,568	,772	
NI			,809
hWR		-,504	-,779
hdR			-,754
d			,641

(Прод. додатка И.3)

Результати факторного аналізу *Lathyrus vernus*

Екосистема №4

	Компонент			
	1	2	3	4
RE2	-,930			
LAR	,866			
al	,818			
AdR	,809			
A	,781	,538		
RE1	-,681			
h	,675			
Wg		,969		
Nfl		,948		
W		,823		
hWR		-,689	,561	
hdR			,918	
d			-,878	
NI				
LWR				,945
WI		,601		,619

Екосистема №5

	Компонент				
	1	2	3	4	5
W	,980				
hWR	-,925				
Wg	,909				
WI	,907				
NI	,799				
d	,640			-,607	
h	,608			,522	
al		,936			
LAR		,910			
AdR		,904			
A		,856			
RE2		-,808			
LWR			-,918		
Nfl	,557		,657		
hdR				,970	
RE1					,951

(Прод. додатка И.3.)

Результати факторного аналізу *Lathyrus vernus*

Екосистема №6

	Компонент			
	1	2	3	4
LAR	,907			
al	,889			
AdR	,880			
A	,870			
RE2	-,862			
LWR	,763			
WI	,762			
NI	,692			
Wg		,953		
Nfl		,872		
RE1		,715		
W		,638		,511
hWR	-,551	-,615		
hdR			,919	
d			-,834	
h				,960

Екосистема №9

	Компонент			
	1	2	3	4
hWR	-,928			
W	,909			
WI	,846			
A	,845			
AdR	,788	-,526		
al	,763	-,526		
Wg		,967		
Nfl		,955		
RE2		,830		
RE1		,816		
LAR		-,749		
LWR	,638	-,714		
h			,810	
hdR			,752	-,547
NI			-,560	
d				,943

Додаток К

Ключові морфопараметри для оцінки віталітету популяцій досліджуваних видів

Додаток К.1.

Ключові морфопараметри *Asarum europaeum*

№№ екосистем	Морфопараметри	
1	Wl	фітомаса листків (г)
	W	загальна фітомаса (г)
	Nl	кількість листків (шт)
2	W	загальна фітомаса (г)
	Wl	фітомаса листків (г)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
3	W	загальна фітомаса (г)
	A	листова поверхня (см ²)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
5	W	загальна фітомаса (г)
	Wl	фітомаса листків (г)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
6	al	середня площа окремого листка (см ²)
	A	листова поверхня (см ²)
	Wl	фітомаса листків (г)
7	A	листова поверхня (см ²)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
	LAR	площа листків на одиницю фітомаси (см ² /г)
9	W	загальна фітомаса (г)
	A	листова поверхня (см ²)
	Wl	фітомаса листків (г)

Додаток К.2.

Ключові морфопараметри *Stellaria holostea*

№№ екосистем	Морфопараметри	
2	W	загальна фітомаса (г)
	Wl	фітомаса листків (г)
	Nfl	кількість квіток (шт)
3	Nl	кількість листків (шт)
	Wg	фітомаса генеративних органів (г)
	Nfl	кількість квіток (шт)
4	Nl	кількість листків (шт)
	LAR	площа листків на одиницю фітомаси (см ² /г)
	AdR	відношення листкової поверхні до діаметра стебла (см ² /мм)
5	Nl	кількість листків (шт)
	A	листова поверхня (см ²)
	Nfl	кількість квіток (шт)
8	LAR	площа листків на одиницю фітомаси (см ² /г)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
	A	листова поверхня (см ²)
9	W	загальна фітомаса (г)
	Nfl	кількість квіток (шт)
	Wg	фітомаса генеративних органів (г)

Додаток К.3.

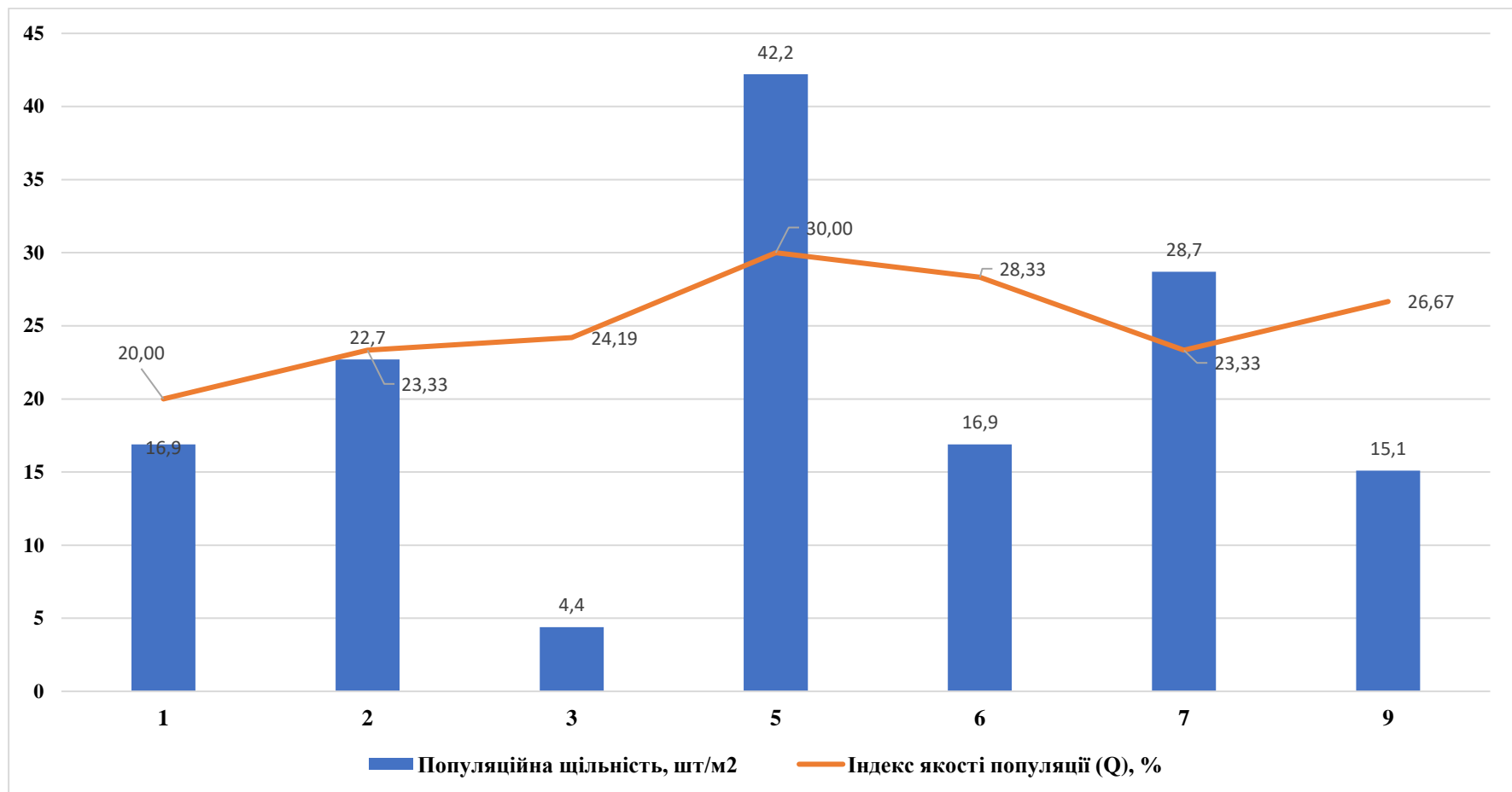
Ключові морфопараметри *Lathyrus vernus*

№№ екосистем	Морфопараметри	
1	A	листова поверхня (см ²)
	AdR	відношення листової поверхні до діаметра стебла (см ² /мм)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
3	W	загальна фітомаса (г)
	Wl	фітомаса листків (г)
	h	висота (см)
4	LAR	площа листків на одиницю фітомаси (см ² /г)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
	AdR	відношення листової поверхні до діаметра стебла (см ² /мм)
5	W	загальна фітомаса (г) загальна фітомаса (г)
	Wg	фітомаса генеративних органів (г)
	Wl	фітомаса листків (г)
6	LAR	площа листків на одиницю фітомаси (см ² /г)
	al	середня площа окремого листка (см ²)
	AdR	відношення листової поверхні до діаметра стебла (см ² /мм)
9	W	загальна фітомаса (г)
	Wl	фітомаса листків (г)
	A	листова поверхня (см ²)

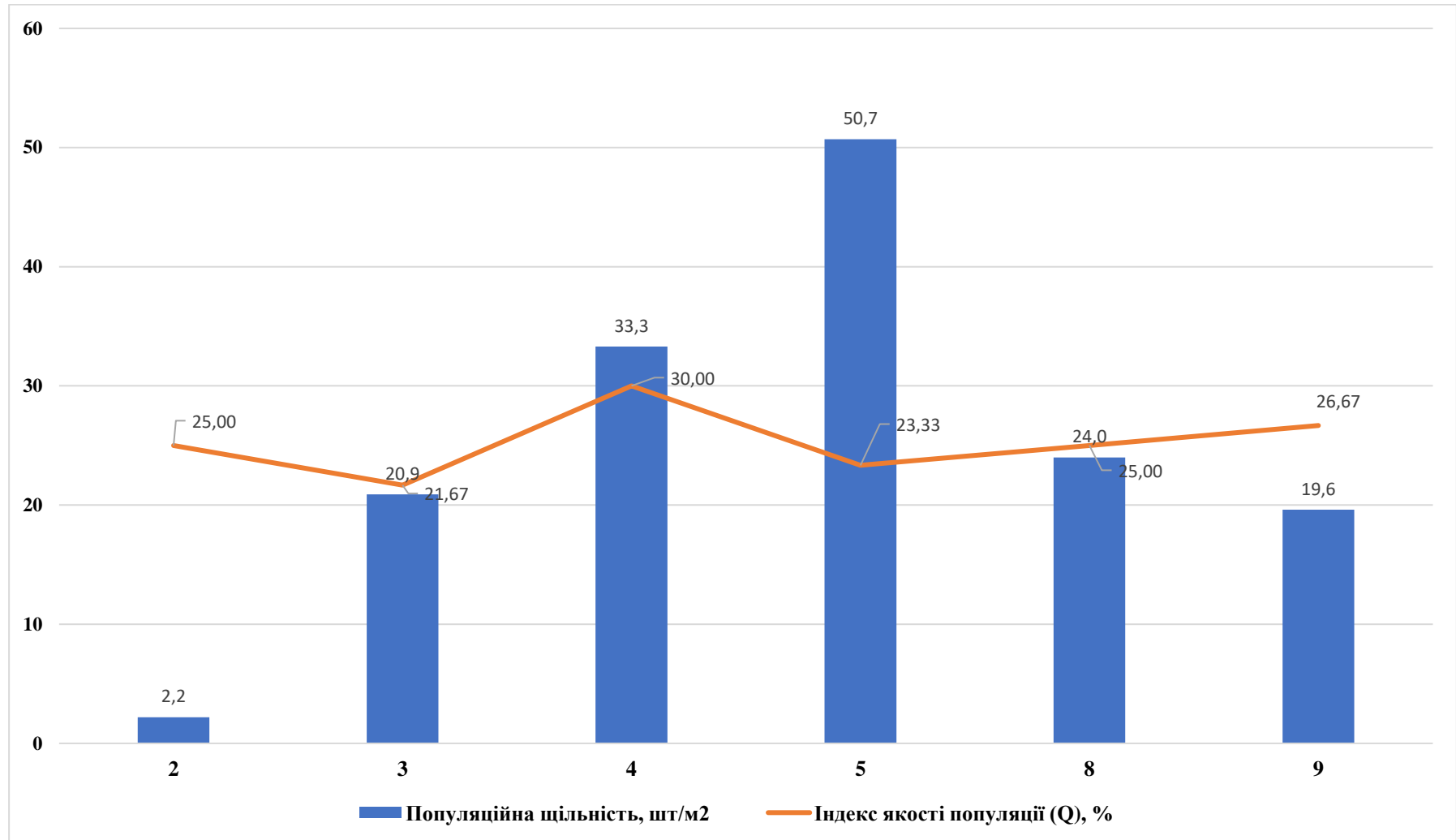
Додаток Л

Значення індексу якості популяцій при різних показниках популяційної щільності

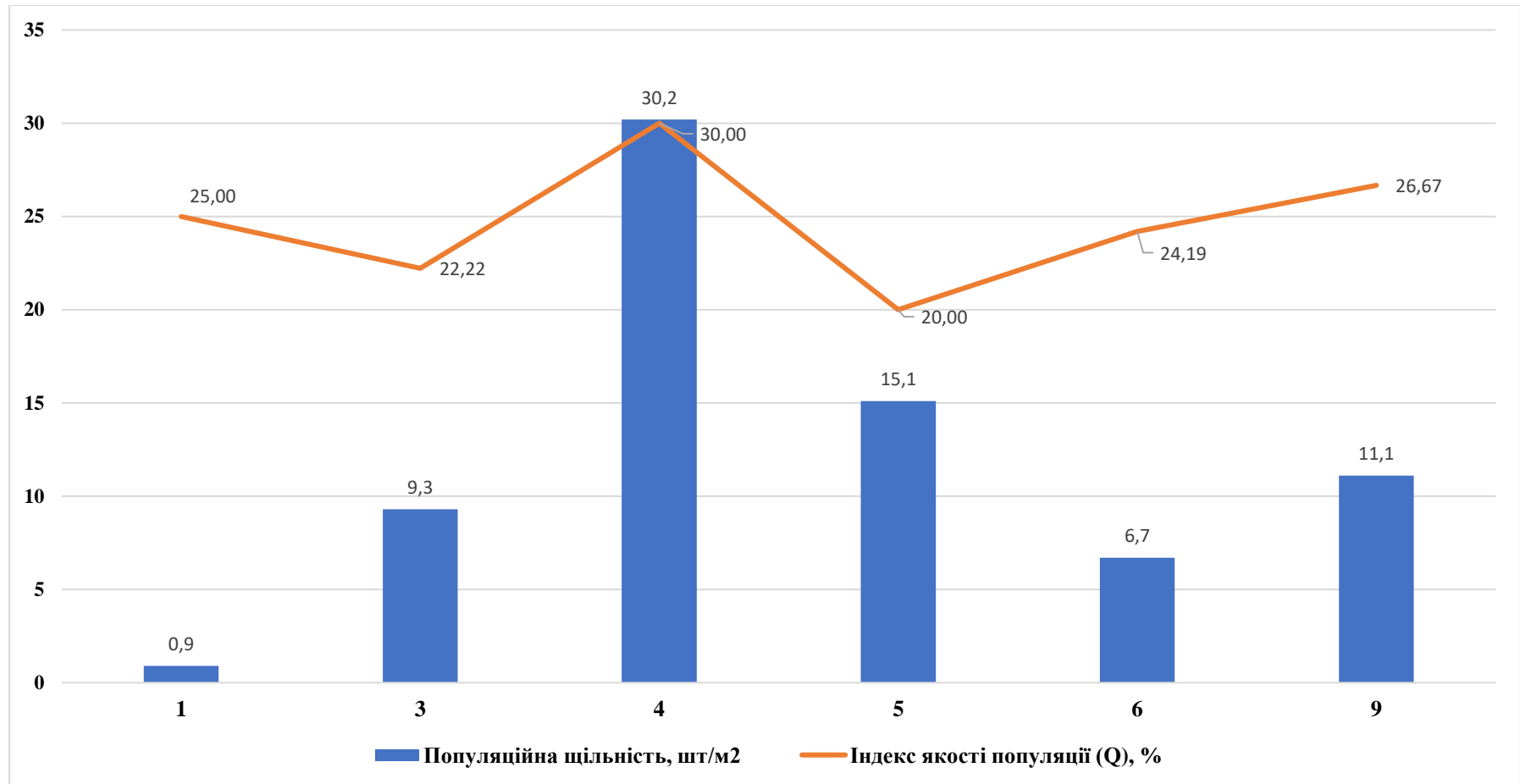
Додаток Л.1.

Значення індексу якості *Asarum europaeum* при різних показниках популяційної щільності

Додаток Л.2.

Значення індексу якості *Stellaria holostea* при різних показниках популяційної щільності

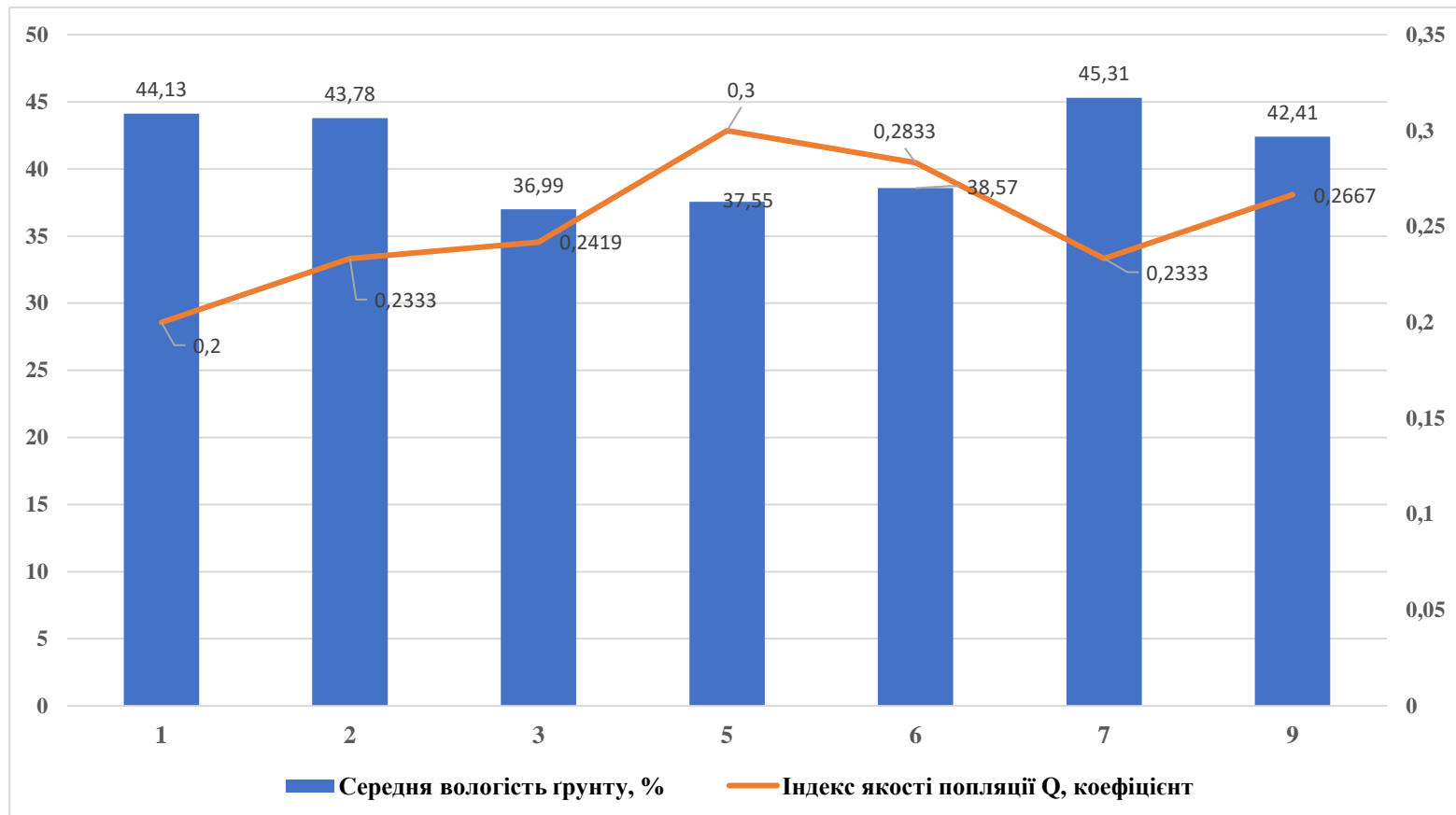
Додаток Л.3.

Значення індексу якості *Lathyrus vernus* при різних показниках популяційної щільності

Додаток М

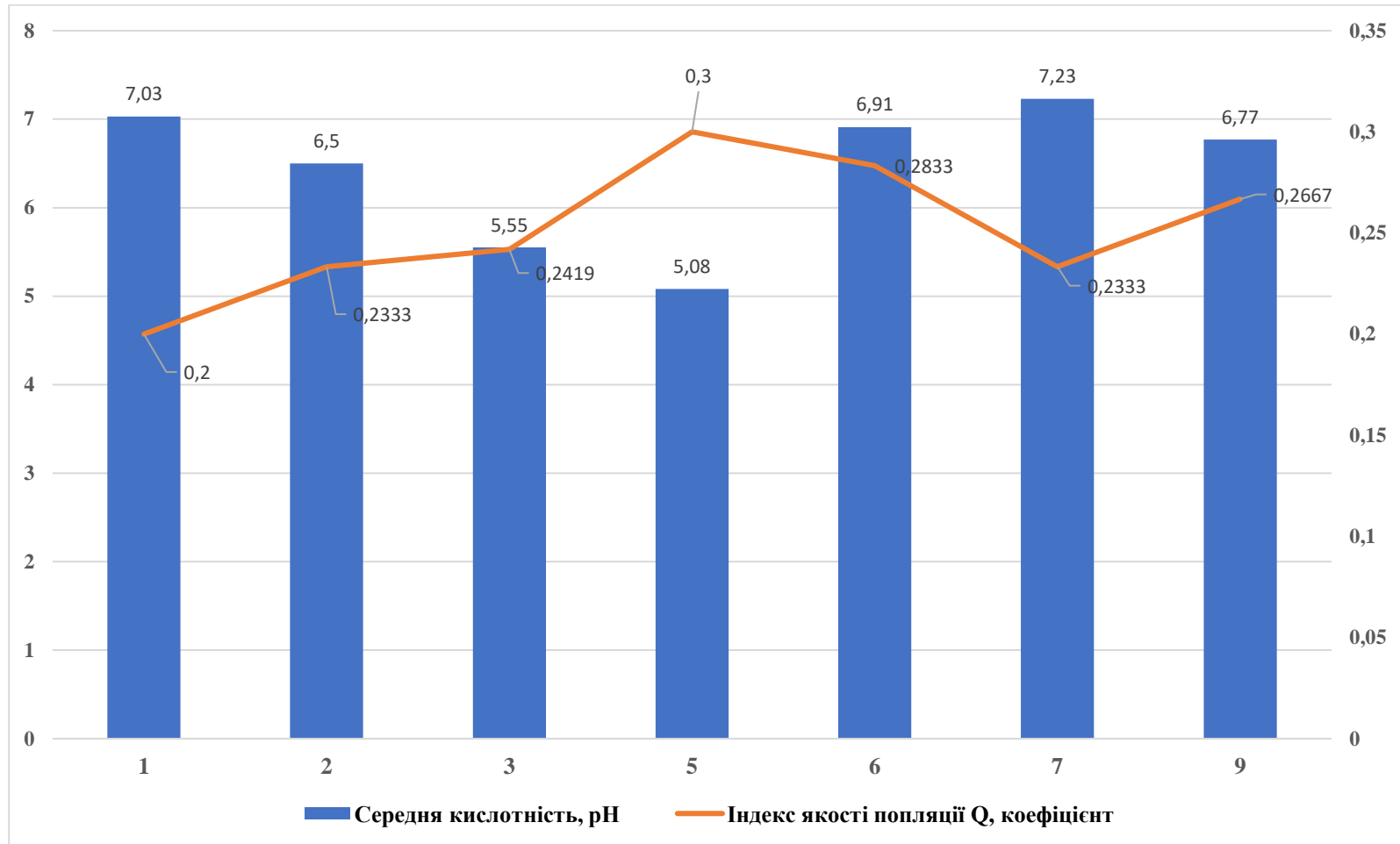
Значення індексу якості популяцій при різних показниках екоциників

Додаток М.1.

Значення індексу якості *Asarum europaeum* при різних показниках вологості ґрунту

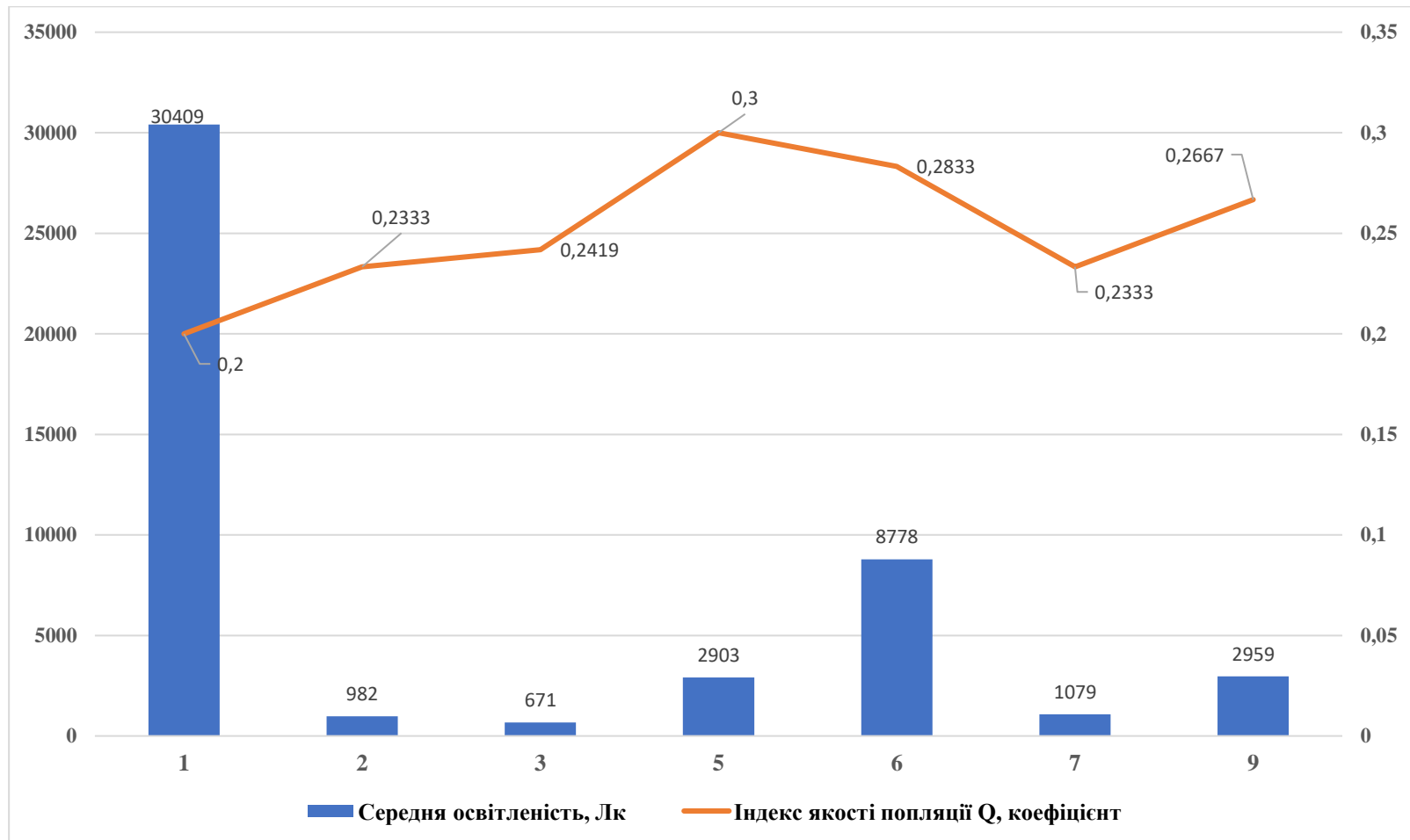
Додаток М.2.

Значення індексу якості *Asarum europaeum* при різних показниках рН ґрунту



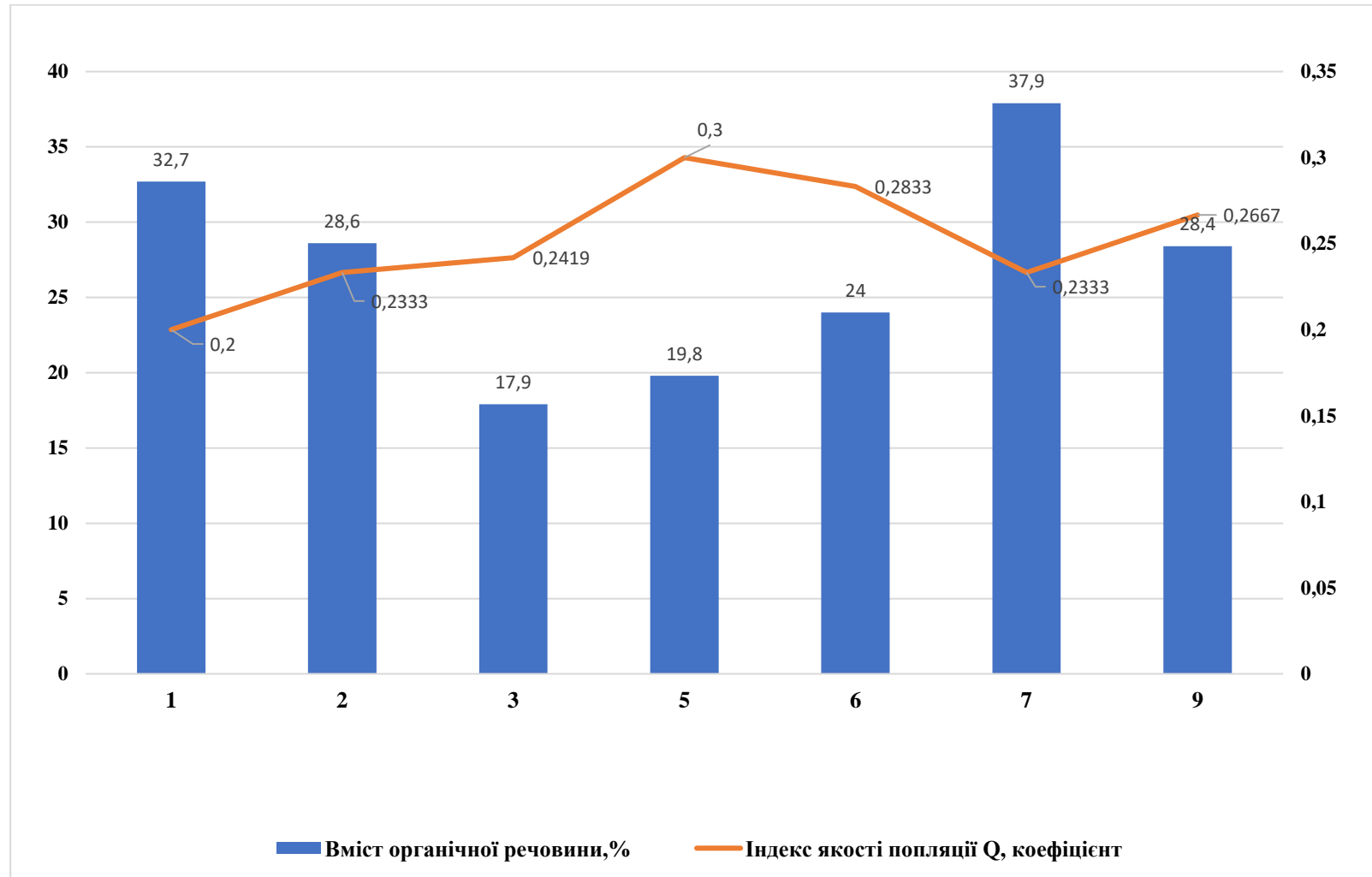
Додаток М.3.

Значення індексу якості *Asarum europaeum* при різних показниках освітленості під наметом лісу

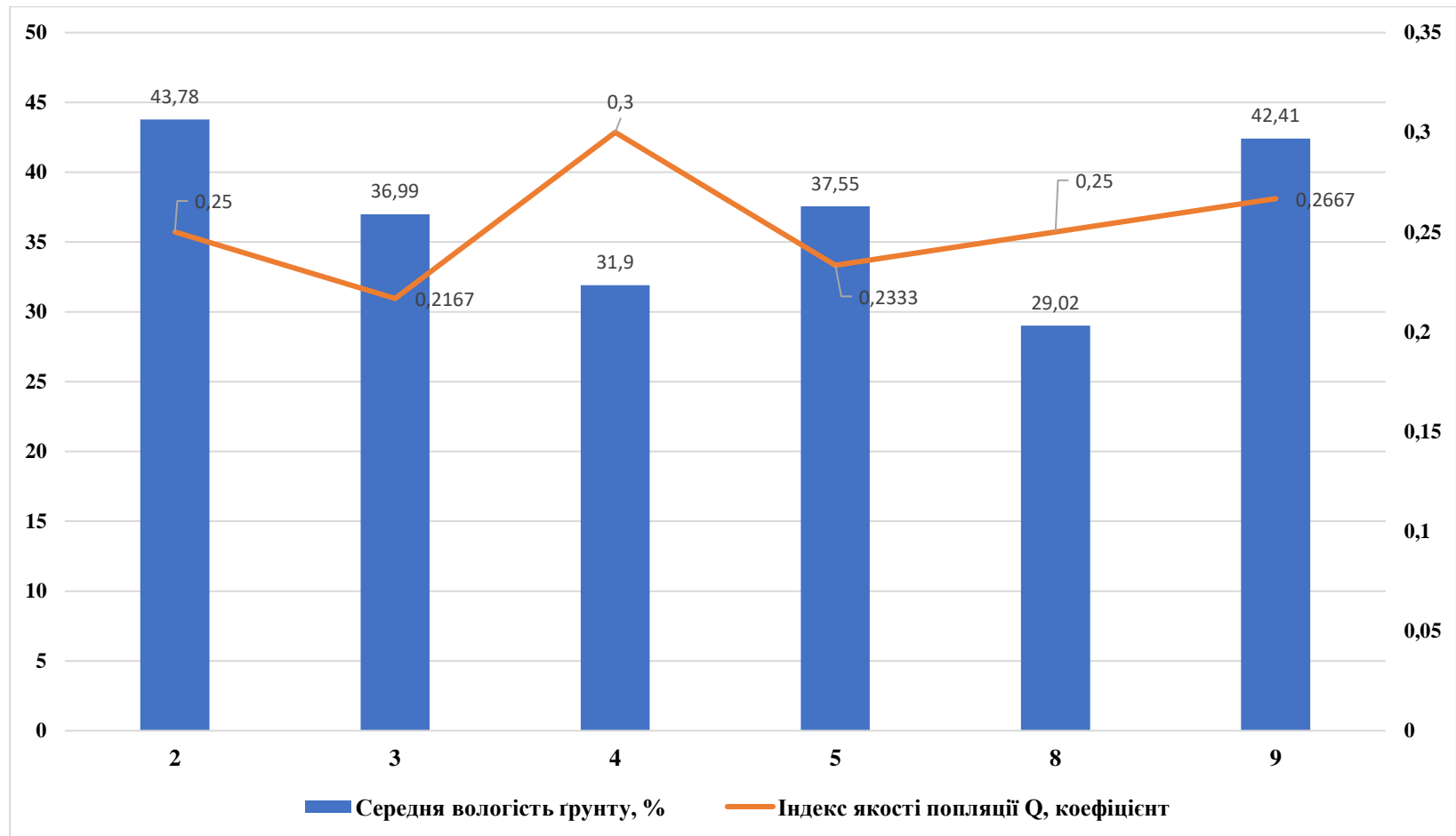


Додаток М.4.

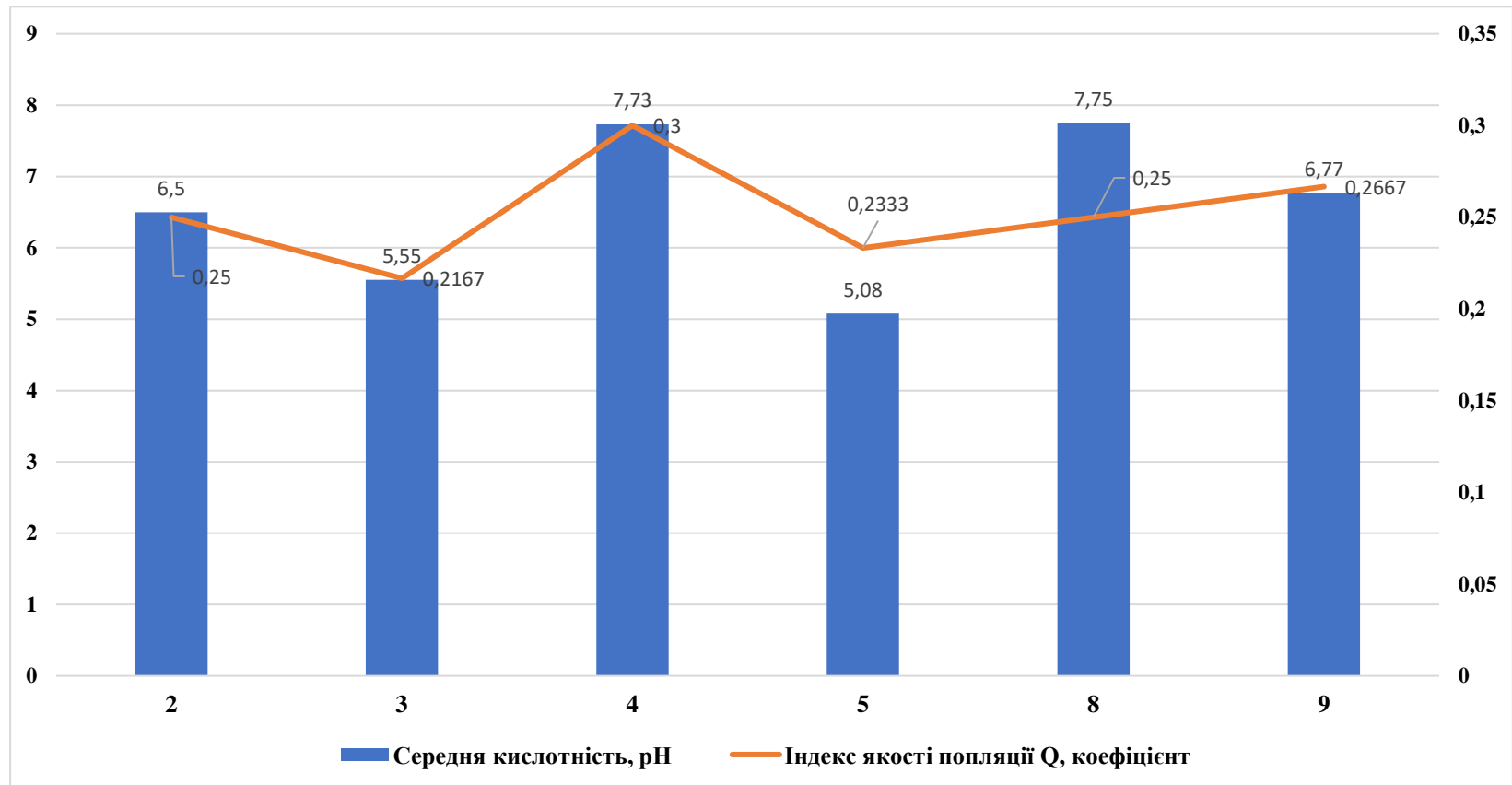
Значення індексу якості *Asarum europaeum* при різних показниках вмісту органічної речовини у ґрунті



Додаток М.5.

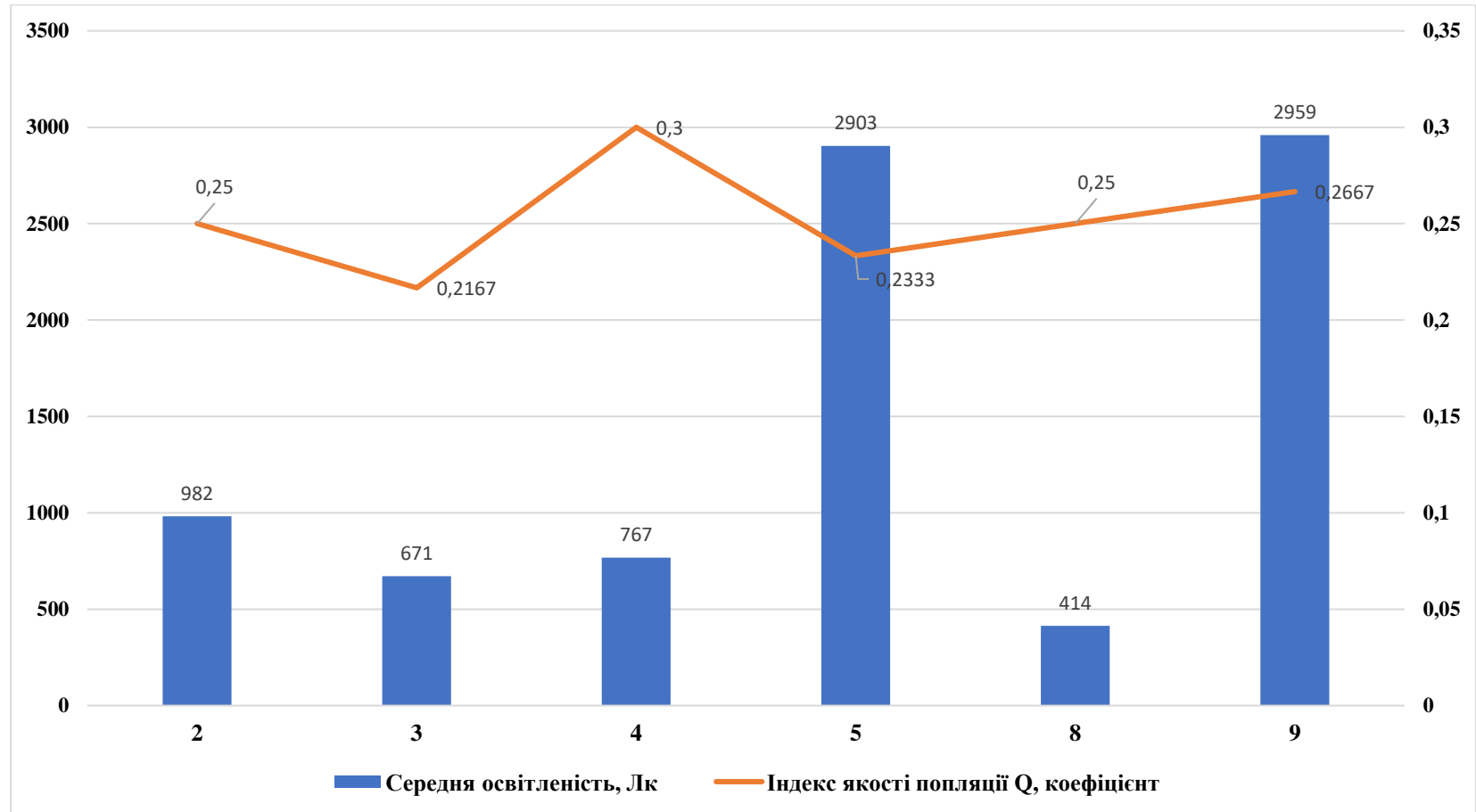
Значення індексу якості *Stellaria holostea* при різних показниках вологості ґрунту

Додаток М.6.

Значення індексу якості *Stellaria holostea* при різних показниках рН ґрунту

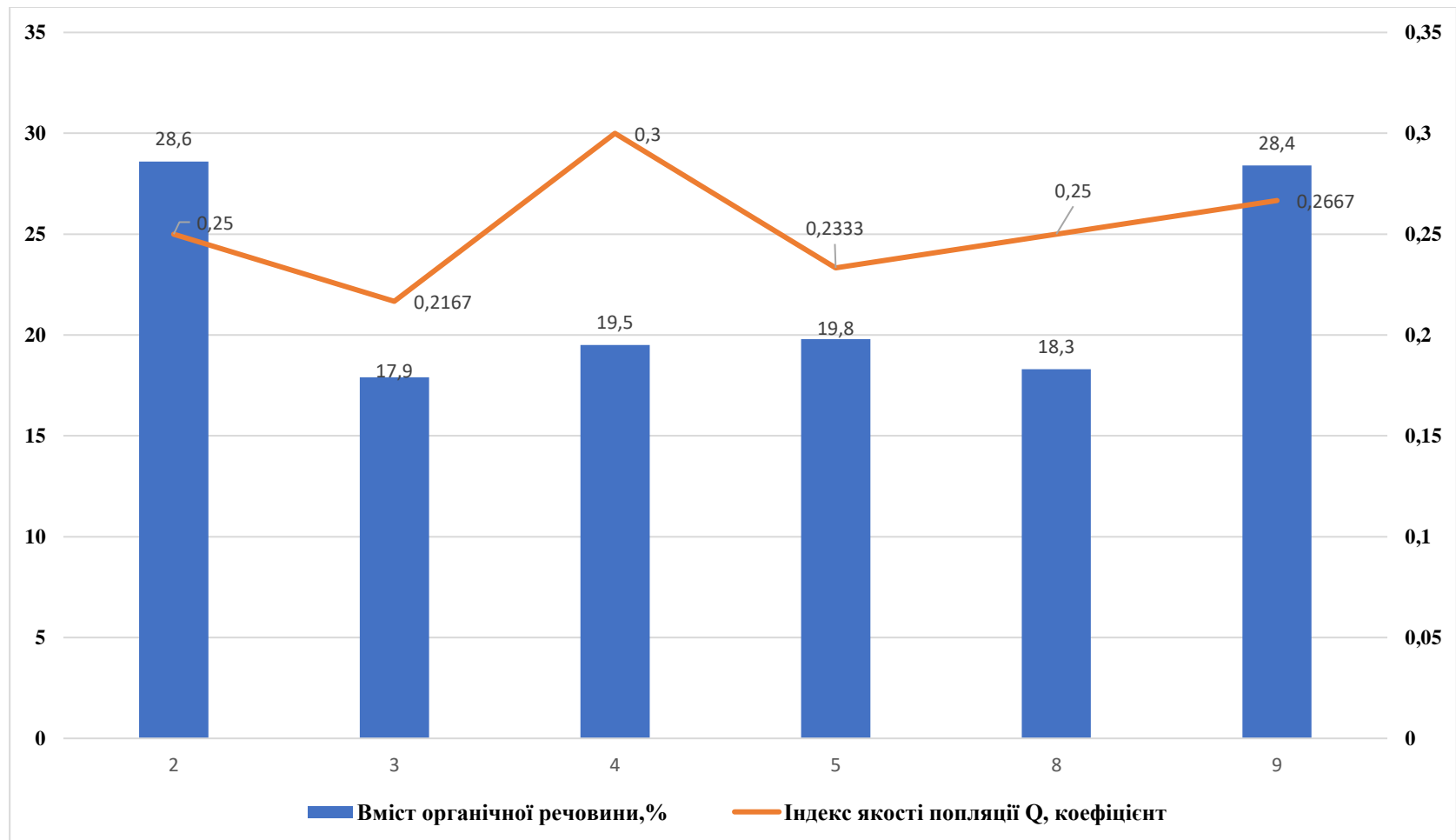
Додаток М.7.

Значення індексу якості *Stellaria holostea* при різних показниках освітленості під наметом лісу

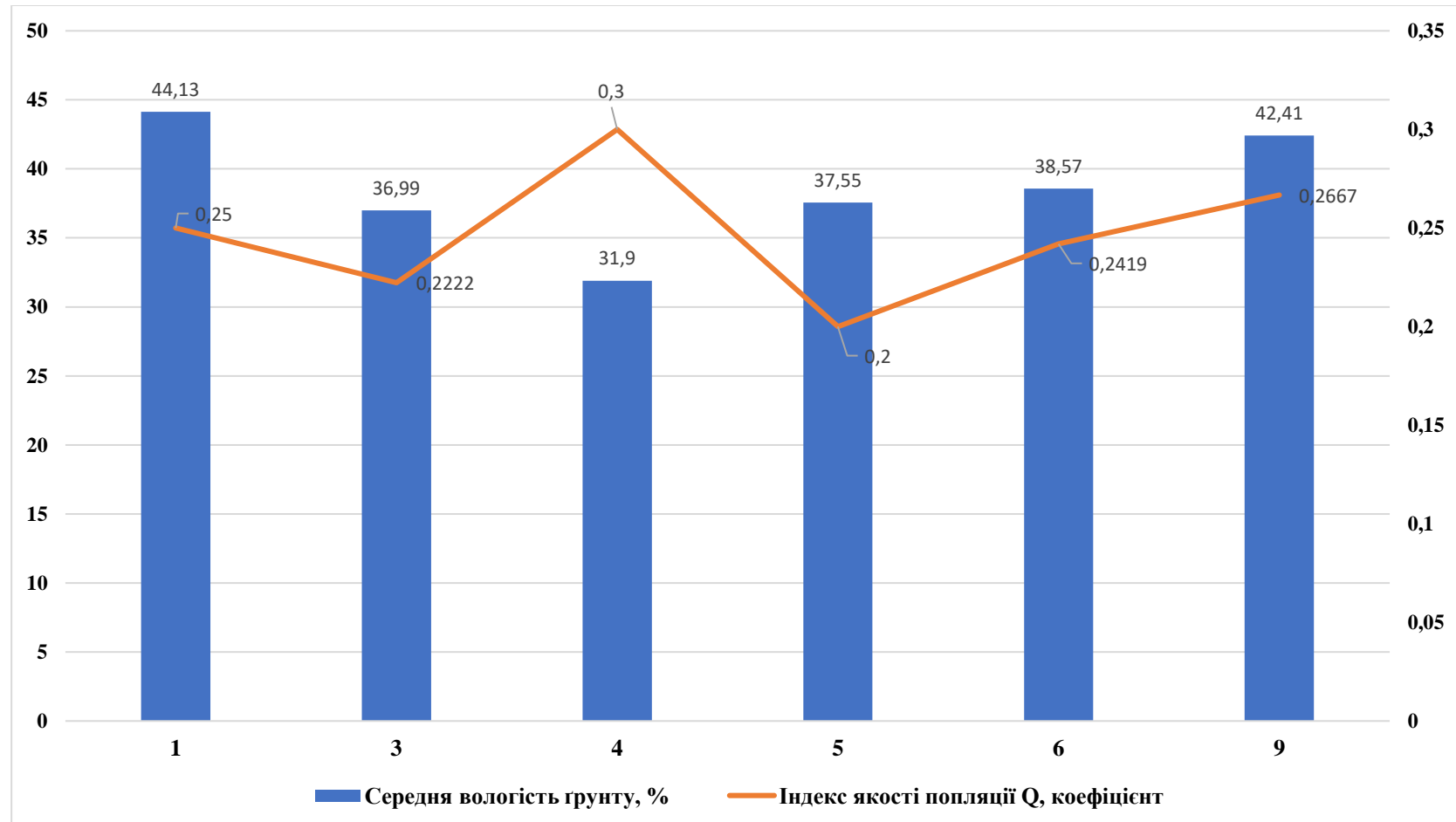


Додаток М.8.

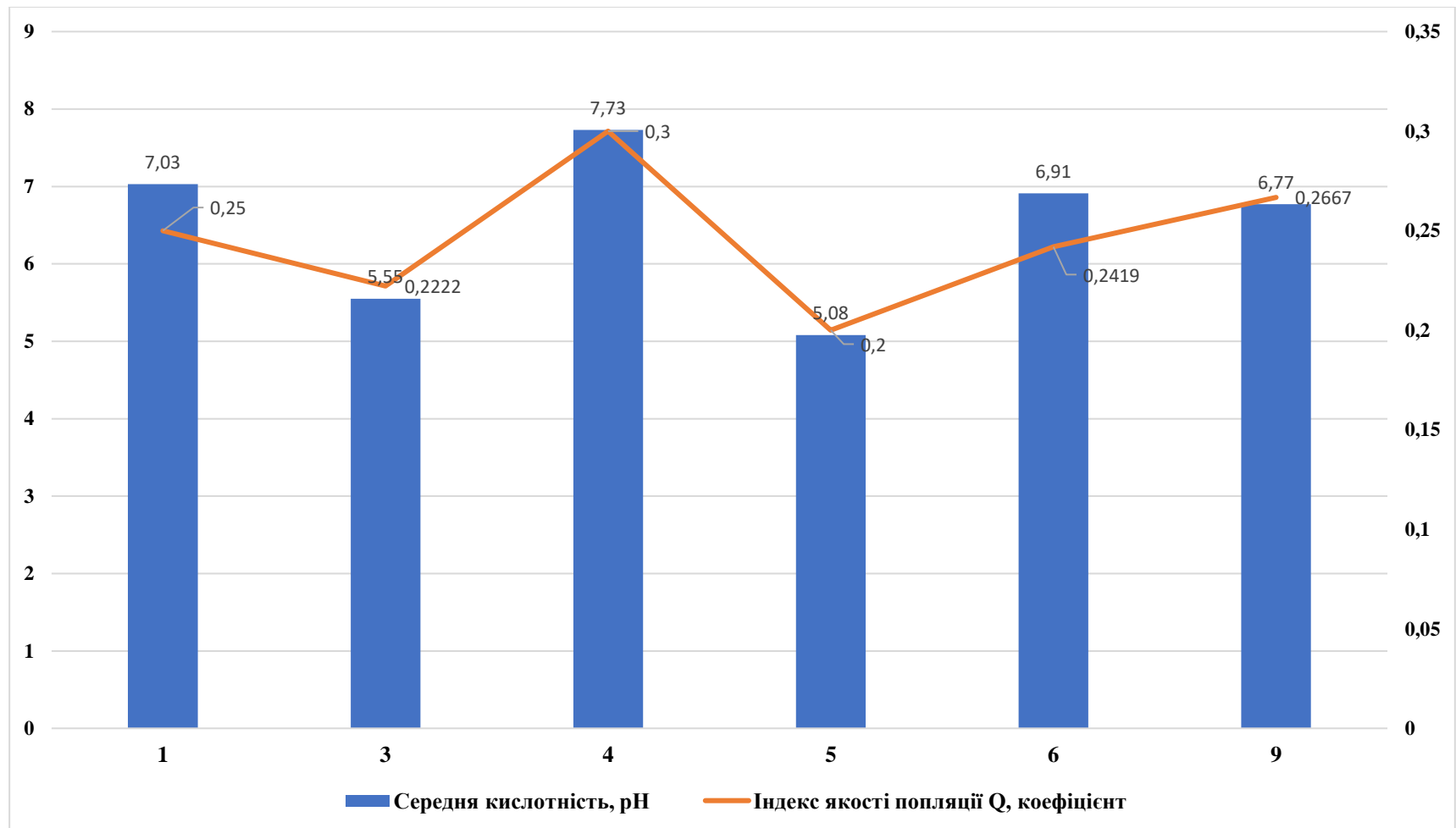
Значення індексу якості *Stellaria holostea* при різних показниках вмісту органічної речовини у ґрунті



Додаток М.9.

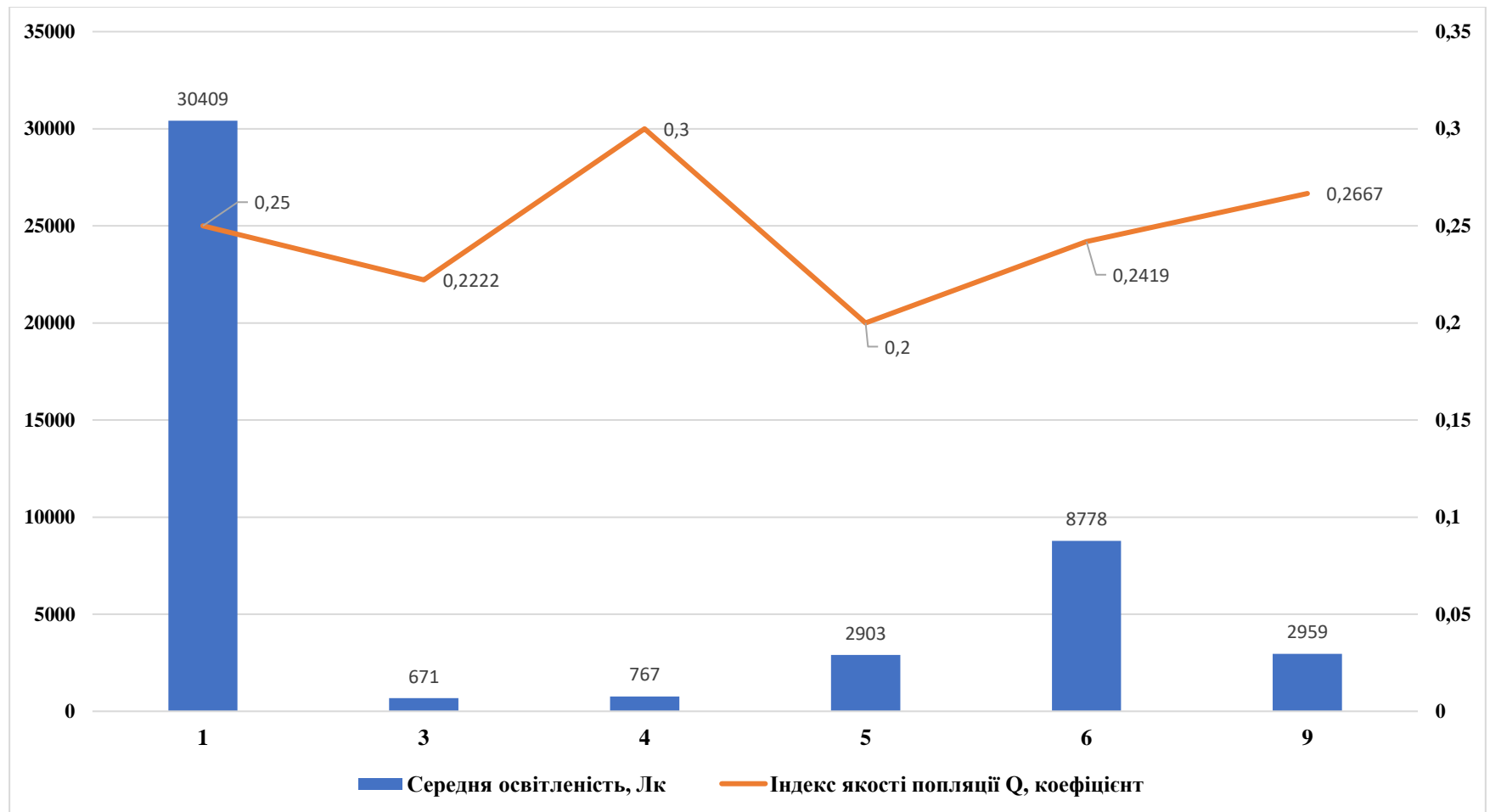
Значення індексу якості *Lathyrus vernus* при різних показниках вологості ґрунту

Додаток М.10.

Значення індексу якості *Lathyrus vernus* при різних показниках рН ґрунту

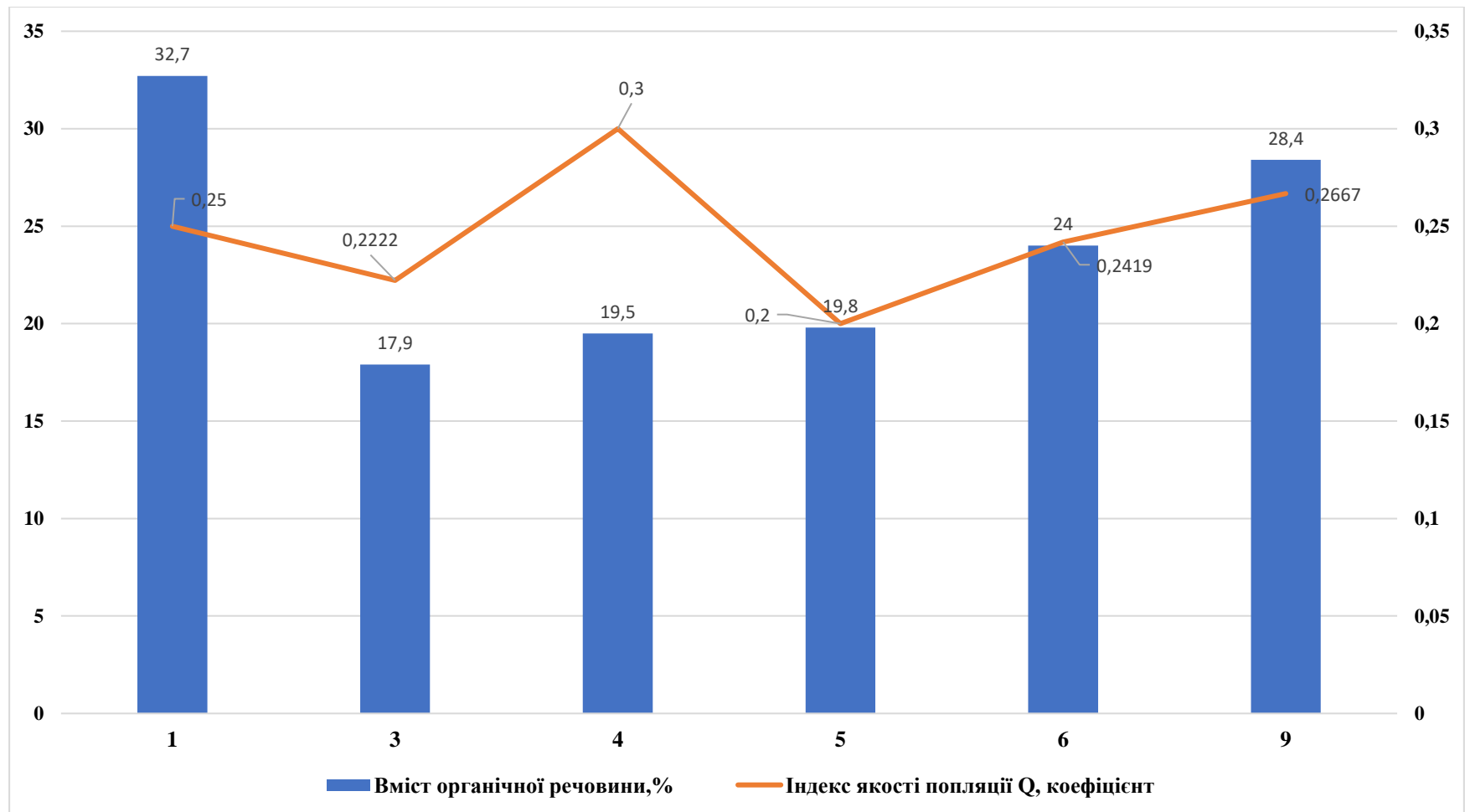
Додаток М.11.

Значення індексу якості *Lathyrus vernus* при різних показниках освітленості під наметом лісу



Додаток М.12.

Значення індексу якості *Lathyrus vernus* при різних показниках вмісту органічної речовини у ґрунті



Додаток Н

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Ярошенко, Н. П.**, Скляр, В. Г. Оцінка онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *Asarum europaeum* L. у Геттінгенському лісі, Нижня Саксонія, Німеччина. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 49(3), 2023. С. 76-81.
2. **Ярошенко, Н. П.** Розмірні ознаки *Asarum europaeum* L. у фітоценозах широколистяних лісів Німеччини та України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 53(3), 2023. С. 123-130.
3. **Ярошенко, Н. П.** Оцінка онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *Lathyrus vernus* (L.) Bernh у Геттінгенському лісі (Нижня Саксонія, Німеччина). *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агронія і біологія*, 54(4), 2023. С. 68-73.

Розділи колективних монографій:

1. **Ярошенко Н. П.**, Скляр В. Г. Охорона лісів Німеччини: історико-екологічний аналіз на прикладі Геттінгенського міського лісу (Göttinger Wald). *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*. 2023: колективна монографія. За ред. О. В. Степової. Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023., С. 235-243.

Статті у науковому виданні іншої держави, які індексуються у міжнародній науковій метричній базі Scopus:

1. **Yaroshenko, N.**, Skliar, V. Ontogenetic and vitality structure evaluation of *Asarum europaeum* L. in Göttinger wald, Low Saxony, Germany. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. 23(3.2), 2023. P. 397-403.
2. **Yaroshenko, N.**, Skliar, V., Rosenthal G. Evaluation of ontogenetic and vital structures of *Stellaria holostea* L. in beech forests in the south of Low Saxony, Germany.

International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 23(3.2), 2023. P. 325-332.

Тези наукових доповідей:

1. **Ярошенко Н.П.** Використання стратегії «гарячих точок» у лісогосподарському користуванні: досвід Німеччини. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 2-3 грудня 2021). Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. С. 367-369.
2. **Ярошенко Н.П.,** Скляр В.Г. Адаптації лісових екосистем до змін клімату: наслідки та заходи. *Захист вразливих екосистем в умовах пандемії та зміни клімату*. Матеріали зимової сесії Міжнародної Карпатської Школи (Косів, 25-27 лютого 2021). Косів: Наукове товариство імені Шевченка, 2021. С. 105-106.
3. **Yaroshenko N.P.** German forestry policy towards the climate change. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (Суми, 14-18 листопада 2022). Суми: Сумський національний аграрний університет, 2022. С. 34.
4. **Yaroshenko N.,** Skliar V. Population methods implementation of *Asarum europeum* in beech forest in Goettingen, Germany. *Sustainable Development in Wartime Ukraine and the World*. Multidisciplinary Conference for Young Researchers (Prague, Czech Republic, November 25, 2022). Prague: Czech University of Life Sciences, 2022. P. 7.
5. **Ярошенко Н.П.** Вплив екологічних чинників на віталітетну структуру *Asarum europeum* L. *Лісові екосистеми: сучасні проблеми і перспективи досліджень-2023*. Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Житомир, 31 травня 2023). Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 85-86.
6. **Yaroshenko N.P.** Management Impact on the Goettingen Forest Biodiversity, Low Saxony, Germany. *Актуальні проблеми дослідження довкілля*. Матеріали X міжнародної наукової конференції (Суми-Тростянець, 25-27 травня 2023). Суми:

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2023. С. 128-130.

7. **Ярошенко Н.П.**, Скляр В.Г. Лісогосподарський менеджмент як протидія посухам: досвід Німеччини. *Адаптація до нових змін та викликів: нові форми економіки, ресурсоефективні технології, захист довкілля*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів та молодих вчених (Івано-Франківськ, 18 травня 2023). Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2023. С. 504-507.