

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ
Кафедра лісового та садово-паркового господарства

На правах рукопису

КУБАЙ ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

**ЛІСІВНИЧО-СЕЛЕКЦІЙНА ОЦІНКА ДЕРЕВОСТАНУ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ
СОКИРИЧІВСЬКОГО ЛІСНИЦТВА**

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Освітньо-професійна програма «Лісове господарство»

Робота на здобуття освітнього рівня «Магістр»

Науковий керівник :
**АНДРЕЄВА ВАЛЕНТИНА
ВІКТОРІВНА,**
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № 5619 20.11.2025р.

засідання кафедри лісового та
садово-паркового господарства від 2025 р.

Завідувач кафедри

доц. В.В. Андреева



ЛУЦЬК – 2025

Кубай Ю. М. Лісівничо-селекційна оцінка деревостану сосни звичайної Сокиричівського лісництва. Луцьк, 2025. 58 с.

Анотація

В умовах сучасної цивілізації, що характеризується надмірним використанням природних ресурсів, забрудненням середовища, поширенням хвороб та шкідників, деградацією природних середовищ існування, інвазією немісцевих видів та змінами клімату, особливо актуальною стає охорона біологічного різноманіття як дикорослих, так і культурних видів. Збереження природних, історичних та культурних цінностей генофондів рослин, забезпечення їх доступності та раціонального використання є стратегічною місією глобального значення, що підтверджується міжнародними угодами та програмами. Дослідження плюсових деревостанів та розробка стратегій використання сосни звичайної мають високу наукову, практичну та стратегічну значимість, оскільки сприяють збереженню генетичних ресурсів, оптимізації селекційної роботи та підтримці екологічної стійкості лісових екосистем.

У першому розділі розглянули результати селекції та насінництво сосни звичайної в Україні та закордоном.

В другому розділі здійснили короткий опис матеріалів та методів дослідження.

У третьому розділі представлені результати аналізу пробної площі, зокрема лісівничо-селекційну оцінку насадження.

В четвертому розділі описано матеріально-грошову оцінку лісосіки.

П'ятий розділ містить в собі техніку безпеки при проведенні лісовпорядних робіт.

Висновки за результатами роботи наведені перед списком використаної літератури. Магістерська робота виконана на 58 сторінках друкованого тексту, містить 12 таблиць і 2 рисунки.

Ключові слова: сосна звичайна, лісова селекція, морфологічні форми.

Kubai Y.M. Taxation and selection assessment the Scots pine stand of the Sokyrychi forestry. Lutsk, 2025. 58 p.

Abstract

In the conditions of modern civilization, characterized by excessive use of natural resources, environmental pollution, the spread of diseases and pests, degradation of natural habitats, invasion of non-native species and climate change, the protection of biological diversity of both wild and cultivated species is becoming especially relevant. Preservation of natural, historical and cultural values of plant gene pools, ensuring their accessibility and rational use is a strategic mission of global importance, which is confirmed by international agreements and programs. Research on plus stands and development of strategies for the use of Scots pine have high scientific, practical and strategic significance, as they contribute to the preservation of genetic resources, optimization of breeding work and maintenance of ecological sustainability of forest ecosystems.

The first section examined the results of selection and seed production of Scots pine in Ukraine and abroad.

In the second section, a brief description of research materials and methods was carried out.

The third section presents the results of the analysis of the trial area, in particular the silvicultural and breeding assessment.

The fourth section describes the material and monetary assessment of the logging operation.

The fifth section contains safety precautions when conducting forest management work.

Conclusions based on the results of the work are given before the list of used literature. The master's thesis is completed on 58 pages of printed text, contains 12 tables and 2 illustrations.

Key words: Scots pine, forest selection, morphological forms.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. Огляд літературних джерел	7
Розділ 2. Матеріали та методи дослідження	38
2.1. Природно-кліматичні умови регіону дослідження	38
2.2. Об'єкт і методика досліджень	39
Розділ 3. Результати дослідження та їх обговорення.....	41
Розділ 4. Економічна оцінка	49
Розділ 5. Охорона праці	51
Висновки	53
Список використаних джерел	54

ВСТУП

В умовах сучасної цивілізації, що характеризується надмірним використанням природних ресурсів, забрудненням середовища, поширенням хвороб та шкідників, деградацією природних середовищ існування, інвазією немісцевих видів та змінами клімату, особливо актуальною стає охорона біологічного різноманіття як дикорослих, так і культурних видів. Збереження природних, історичних та культурних цінностей генофондів рослин, забезпечення їх доступності та раціонального використання є стратегічною місією глобального значення, що підтверджується міжнародними угодами та програмами.

Основою формування сучасних селекційних програм генетичного вдосконалення лісових деревних порід є комплексне вивчення вихідного генофонду, зокрема його морфологічної та фенотипової варіабельності.

Плюсові деревостани сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) є важливим елементом лісових екосистем і одночасно ключовим генетичним ресурсом для лісової селекції. Створення та оцінка генетичних резерватів цих деревостанів дозволяє не лише зберегти цінні генотипи, але й підвищити продуктивність і стійкість лісових культур, що особливо важливо в умовах змін клімату та антропогенного навантаження. Застосування сучасних методів у вивченні генофонду та селекції сосни звичайної дає можливість ефективно відбирати дерева та створювати клонові плантації та випробні культури, що забезпечує збереження генетичного різноманіття та створює передумови для сталого лісокористування.

Таким чином, дослідження деревостанів та розробка стратегій використання сосни звичайної мають високу наукову, практичну та стратегічну значимість, оскільки сприяють збереженню генетичних ресурсів, оптимізації селекційної роботи та підтримці екологічної стійкості лісових екосистем. Виявлена значна морфологічна диференціація та варіабельність лісівничо-

селекційних ознак свідчать про високий потенціал ведення плюсової селекції на локальному генетичному матеріалі сосни звичайної.

Метою роботи було встановлення лісівничо-селекційної цінності деревостану сосни звичайної Сокиричівського лісництва. Для досягнення мети ставились наступні **завдання**:

1. За таксаційними матеріалами обрати найбільш продуктивний деревостан сосни звичайної.
2. Закласти пробну площу для отримання лісівничо-селекційної характеристики насадження сосни звичайної.

Об'єктом дослідження є ростові процеси деревостану сосни звичайної 110-річного віку. Предметом дослідження є лісівничо-селекційні показники сосни звичайної.

Новизна роботи полягає в отриманні результатів лісівничо-селекційної структури одного з найбільш продуктивних деревостанів сосни звичайної Сокиричівського лісництва.

Практичне значення полягає в можливості використання результатів дослідження в практичній селекції.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Лісова генетика та селекція вивчає спадкову мінливість лісових дерев. Спадкові відмінності у дерев обумовлюються генами чи цитоплазмою. Обумовленість генетичних відмінностей встановлюється під час формування насіння, і в цьому сенсі вона протилежна відмінностям, що викликаються впливами зовнішнього середовища. Однак було б невірно говорити, що більшість ознак у дерев суворо обумовлюється тільки генетичними факторами або лише факторами зовнішнього середовища. Більшість господарсько цінних ознак дерева залежить як від внутрішніх, і зовнішніх чинників. Наприклад, швидкість зростання дерева можна збільшити селекцією на швидкість зростання або штучним розведенням у культурі. Крім того, багато генетично обумовлених ознак краще виявляються тільки в специфічних умовах зовнішнього середовища. Так, генетичні відмінності в морозостійкості не можна виявити при вирощуванні дерев у місцях, де не буває морозів, але ці відмінності дуже важливі для тих же дерев при вирощуванні їх у місцях, що піддаються впливу низьких температур протягом вегетаційного періоду.

Селекція лісових дерев здійснюється шляхом практичного застосування лісової генетики і полягає, зазвичай, у випробуванні різних диких типів та визначенні, які з них ростуть краще при посадці в специфічних умовах. У сучасних програмах передбачається досягти цього за допомогою відбору, наприклад, на швидкість зростання або стійкість до шкідників. Отримані таким чином нові форми використовуються у культурах.

Основні генетичні закони єдині й у дерев, й у людей, й у плодових мушок. Але характер успадкування та методи експериментування з цими групами різні. Тому лісова генетика є самостійну область вивчення з характерними нею проблемами.

Більшість відмітних ознак живих організмів контролюється генами та умовами зовнішнього середовища. Навіть з використанням електронного мікроскопа їх не можна побачити і дізнатися, «хороші» вони або «погані».

Упізнають гени непрямими методами: вирощуванням потомства дерева та спостереженням за їх ознаками. У зв'язку з цим методи випробування спадкових якостей особин щодо їх прояву у потомства нерозривно пов'язані етапи лісових генетичних досліджень. При випробуванні потомства вирощують в однакових умовах і декількох повторностях досвіду різні види, раси або потомство різних дерев. Якщо згодом один з нащадків росте значно швидше за інших, а в іншого дещо довше хвоя, то можна з упевненістю припустити, що ці їхні властивості обумовлені генетично.

Фактор невизначеності та необхідність проведення тривалих дослідів. У більшості лісових досліджень генетики приходять до висновків, що нащадки високих дерев ростуть швидше або дерева південного походження ростуть швидше. Такі висновки є звичайними, коли справа стосується дерев відомих видів. Якщо необхідна дослідницька робота виконана і правило такого типу сформульовано для певного виду, лісівник може використовувати його при посіві насіння. У цьому випадку він може бути впевнений у отриманні певного генетичного зсуву у бік поліпшення.

Ці правила рідко бувають абсолютними. Майже завжди існує якась кількість дерев з незрозумілою мінливістю. Може виявитися, наприклад, що нащадки найвищих дерев ростуть на 1% швидше, ніж нащадки середніх дерев, але нащадки деяких дерев ростуть на 5% швидше за середні. Тому лісівник може отримати 1% прибутку, використовуючи загальне правило, але він повинен випробувати потомство кожного з батьків, щоб отримати повністю 5% прибутку.

Дерева довгоживучі організми, до періоду насіння їм потрібно багато років. Селекціонер, який працює із сосною, не може отримати за 4 роки вісім поколінь, скільки можна отримати за цей же термін при роботі з кукурудзою. Але час не є таким сильно обмежуючим фактором, як це може здатися спочатку. Деякі види утворюють насіння за кілька років, а інші ростуть так швидко, що за 10 років досягають віку стиглості.

Селекційна робота з деревами досить складна, методи для її проведення мають свої особливості. Ці труднощі можна полегшити одночасною роботою з

кількох схем. По одній з них можна отримати достовірний результат за 10 років, по другій за 11, по третій за 12. Крім того, доцільно використовувати щеплення, так як у багатьох видів щеплені дерева зацвітають значно раніше, ніж сіянці. Визначити найкращі за швидкістю росту дерева можна в їхньому ранньому віці. Головна увага при цьому приділяється питанню, чи застосовні результати ранньої діагностики до видів, у яких оборот рубки досягає 40 років і більше. У багаторічних дослідках подібні результати заслуговують на довіру. Відновлення рослин насінням обов'язкове завдання кожної селекційної роботи. Особливо це стосується селекції злаків, тому що їх культури створюють головним чином для отримання насіння, отже, необхідно, щоб їх урожаї були високими та регулярними. Деревя, навпаки, вирощують в основному не на насіння, і у багатьох з них плодоношення бажано тільки іноді або зовсім не потрібно. Таким чином, лісовий селекціонер, який бажає з'ясувати питання насінництва, повинен включити до плану дослідних робіт проведення дослідів за стимуляції цвітіння та плодоношення.

Нестача основної генетичної інформації про дерева. Наукові дослідження з селекції та генетики дерев проводять уже протягом 200 років. Але лише останні 70 років ці дослідження стали інтенсивними. Крім того, дерева для випробування складніші об'єкти, ніж злаки або хлібні дріжджі. Таким чином, ми відчуваємо брак генетичної інформації навіть щодо добре вивчених деревних видів. Наприклад, ми знаємо, що станеться у першому поколінні у сосни після самозапилення, але зовсім не знаємо впливу самозапилення у п'ятих поколіннях. Ми знаємо, скільки у сосни хромосом, але не знаємо, скільки генів контролює більшість ознак дерева.

Недолік основних відомостей слід враховувати при плануванні селекційних робіт. Селекціонер-лісівник часто змушений працювати над основними проблемами, вже вирішеними для таких культур, як пшениця та кукурудза. У роботі з селекції деревних порід лісівник повинен вміти користуватися відомим ними даними щодо селекції інших організмів. Злаки піддавалися відбору в десятках і сотнях поколінь, так що сучасні селекціонери з

зернових працюють, як правило, з уже вищою мірою покращеними злаками. Селекціонери-лісоводи, навпаки, зазвичай починають працювати з дикими різновидами або деревами, серед яких відбір проводився не більше ніж у двох-трьох поколіннях. Тому в селекції деревних порід приховані величезні можливості і багато простих дослідів можуть призвести до дуже відчутних результатів.

Оскільки в дослідях з лісової генетики тільки в останні 75 років були сконцентровані зусилля багатьох людей, в цілому неможливо передбачити вплив цих досліджень на лісівничу практику. Проте вже отримано багато обнадійливих результатів. Мільйони сіянців південних сосен щорічно висаджують на півдні Сполучених Штатів, більшість їх скоро будуть покращеними формами і володітимуть більш швидким зростанням і прямим стовбуром у порівнянні з дикими деревами. На промислових плантаціях акації в ПАР збільшився вихід таніну з тих пір, як стали закладати плантації з насіння, зібраних на спеціальних насіннєвих ділянках.

Деякі результати селекційних досліджень основних лісоутворюючих видів дерев охарактеризовано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Окремі результати селекції деревних видів [28]

Країна	Автори дослідження	Що зроблено
Туреччина	Elena Foffova, Veronica Codesido, Johan Westin, Oystein Johnsen, Gerry Douglas, Barbara Fussi	Селекційні роботи розпочаті у 1964 р., з 1994 р. діє національна програма для основних видів (<i>Pinus brutia</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Cedrus libani</i> , <i>Fagus orientalis</i>). До 2006 р. створено 174 насіннєві сади на 1200 га. Повністю забезпечено попит на насіння <i>Pinus nigra</i> та <i>P. sylvestris</i> . Розроблено стратегії управління: захист від шкідників, контроль бур'янів, обрізка, молекулярна генетика. Визначено потребу насіння для щорічного відновлення 150 тис. га.

Продовження табл. 3.1

Греція	Evi Alizoti	Досліджено фенологічну синхронізацію 60 клонів <i>Pinus nigra</i> . Встановлено, що посуха та високі температури негативно впливають на синхронізацію. Чоловіче цвітіння сильно залежить від клімату, жіноче – під генетичним контролем. Виявлено значні відмінності у фертильності клонів, що відкриває можливості для селекції синхронізованого цвітіння і підвищення генетичного приросту.
Іспанія	Verónica Codesido, Josefa Fernández-López	Розроблено програму SYNCHRO.SAS для аналізу фенології в насінневих садах <i>Pinus radiata</i> . У 2000–2002 рр. досліджено фенологію цвітіння, виявлено варіації у синхронізації клонів. Чоловічі клони, що починали цвісти раніше, краще синхронізувалися з жіночими, а жіночі з проміжними періодами – з чоловічими. Створено індекси перекриття та фенограми для управління садами.
США (Південні штати)	Steve McKeand, Dave Gerwig, Patrick Cumbie, J.B. Jett.	Програма North Carolina State University з селекції сосни лоблоллі: приріст деревини на 30–50%, підвищення стійкості до хвороб (фузіформна іржа), покращення якості деревини. Сучасні плантації ростуть удвічі швидше, досягаючи 300 фут ³ /акр/рік. Щорічно висаджується ~850 млн саджанців, 59% плантацій створюється з генетично поліпшеного матеріалу.
Фінляндія	Matti Naaranen	Тривалий цикл селекції: ~40 років для сосни звичайної та 25–30 років для ялини. Тривалість життя насінневого саду – до 55 років. Є 1,5 покоління садів (сосна ~600 га, ялина ~300 га), що повністю забезпечують потреби розсадників. Використовується стратегія двоетапного відбору та клонові архіви.

Продовження табл. 3.1

Швеція	Dag Lindgren, Bo Karlsson, Bengt Andersson, Finnvid Prescher	Основні види – сосна звичайна та ялина. Перше покоління садів створено у 1949–1971 рр., друге – у 1981–1994 рр., третє – з 2004 р., із використанням лише протестованих клонів. Генетичний приріст по етапах: 10%, 10–20%, 20–25%. Сьогодні >60% посадкового матеріалу надходить із насіннєвих садів. Запущено створення нового покоління садів з ще вищою якістю насіння.
Фінляндія	Teijo Nikkanen Metla	Перша програма створення насіннєвих садів стартувала у 1963 р. (1-ше покоління – 1950–70-ті роки). З 1989 р. – створення садів 1,5 покоління з найкращим матеріалом. Державні субсидії покривають 85% витрат на закладку садів. Генетичний приріст у висоті: сосна – 3%, ялина – 10%.
Канада (Британська Колумбія)	David Reid	Лісівництво переважно на державних землях (95%). Лісова генетика з 1951 р., перші сади – 1963 р. Сьогодні 40–45% потреб у насінні покривають сади, ціль – 75% (2015). 104 насіннєві сади (14 виробничих центрів), середнє – 57 батьків у саду. Мінімальна ефективна чисельність – 10, у практиці 25–30. Середній генетичний приріст – 14%, ціль до 2020 р. – 20%. Насіння виробляють держсектор (50%) і приватний (50%). Основні види: <i>Pinus contorta</i> , <i>Picea glauca</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> . Масова загибель сосни від шкідника Mountain Pine Beetle. Кліматичні зміни зумовлюють очікуваний зсув ареалів.
Швеція (захист садів ялини від шкідників)	Olle Rosenberg, Jan Weslien	Низька та непередбачувана врожайність насіння ялини через комах-шкідників (насіннєва міль, гусінь, пильщики). З 1996 р. ведуть випробування з <i>Bacillus thuringiensis</i> → зниження пошкоджень від гусені з 85% до 15%. Системні інсектициди (імідаклоприд, абемектин) дають ефект, але дорогі.

Продовження табл. 3.1

Швеція (сосновий сад Västerhus)	Anders Fries, Dag Lindgren, Bengt Andersson	Заснований 1991 р., 28 клонів. Використана схема лінійного розподілу (LD) для збільшення селекційного ефекту (~6%). У 2007 р. 16% прищеп загинуло, 0,9% замінив підщеп. Втрати незначно вплинули на приріст. Найбільша загроза – забруднення пилом із навколишніх насаджень, що знижує генетичний ефект.
Фінляндія (прямий посів сосни)	Seppo Ruotsalainen	Порівняння сіянців із лісонасінневих ділянок і садів (2002–2004). У перший рік різниць у схожості не було, але з 2–3 року садові сіянці були на 20% вищі за середні показники.
Фінляндія (ялинові сади, вплив комах)	Johanna Siitonen, Ylioja Tiina, Nikkanen Teijo	Дослідження 1-го покоління садів <i>Picea abies</i> . Комахи (<i>Megastigmus</i> , <i>Plemeliella</i>) пошкоджували шишки, але генетичний склад насіння суттєво не змінювався. У різні роки види віддавали перевагу різним клонам.
Туреччина (<i>Pinus nigra</i>)	Burcu Cengel, Y. Içgen, G. Kandemir, E. Veliouglu, M. Alan, Z Kaya	Порівняння генетичної різноманітності насінневих садів і лісонасінневих ділянок. Різниця між популяціями невелика ($FST = 0,06$). Висока різноманітність у всіх джерелах, найбільш оптимально – у Ходжалар. Існуюча практика дозволяє зберігати генетичне різноманіття.
Швеція (інтернет- інструмент)	Mats Hannerz, Tore Ericsson	Розроблено онлайн-систему вибору насіннєвого матеріалу за умовами місця (вид, фотоперіод, продуктивність). У 2006 р. вирощено 332 млн сіянців, із них 60% ялина (49% із садів) і 35% сосна (78% із садів). Система допомагає прогнозувати висоту, виживаність, добирати сад.

Продовження табл. 3.1

Данія	Ole Hansen	Дослідження батьківства (SSR-аналіз) у садах <i>Abies nordmanniana</i> , <i>A. alba</i> , <i>Larix kaempferi</i> . Виявлено: низьке запилення ззовні, але сильна нерівномірність у внеску пилку (1–2 клони давали основну частку). У <i>Larix</i> – більш рівномірний внесок. Самозапилення низьке. Використовується для оптимізації складу садів.
Хорватія	Davorin Kajba, N Pavičić, S Bogdan, I Katičić	2,5 млн га лісу (40% території). 17 612 га насінневих ділянок, 62 га клонових садів (<i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Quercus robur</i>). Використовують формувальну обрізку (пірамідальні крони, кут гілок 45°). Для дуба – спеціальні агроприйоми (глибокий підріз ґрунту) для стимуляції цвітіння. Проблеми: несумісність підщеп і прищеп, гризуни.
Японія (<i>Cryptomeria japonica</i>)	Yoshinari Moriguchi	Використовують клонові сади для насінництва та живцювання. GA стимулює цвітіння. Аналіз 7 садів – забруднення пилком 35–66%. Усі типи садів показують схожий розподіл внеску: 20% клонів → 60% батьківського внеску, 30% клонів – без внеску. Самозапилення не є суттєвою проблемою (2–4%).
Південний Китай	Run-Peng Wei	У Південному Китаї створено насінневі плантації для 20 видів дерев, проте очікувані селекційні переваги виявилися нижчими. Державні господарства й приватні компанії співпрацюють: перші підтримують рідкісні види, другі зосереджуються на комерційних. Попит на види нестабільний – до 1995 року висаджували переважно сосну, після цього евкالیпт. Відбір плюсових дерев не охоплює повністю природні ареали, частина цінного матеріалу втрачена. Селекційні програми добре розвинені лише для окремих видів. Останніми роками поширюється використання живців і культури тканин, тоді як насіння застосовують дедалі рідше.

Продовження табл. 3.1

Норвегія	Oystein Johnsen, Tore Skroppa, Ketil Kohmann, Arne Steffenrem, Oyvind Meland Edvardsen	Ялина (<i>Picea abies</i>) – насіння з садів (клонів із високих/північних широт, перенесених на південь). Сіянці: пізніше формують морозостійкість, але ростуть вищі, з меншою смертністю. Сезонні умови при формуванні зародка → епігенетична «пам'ять». Урожай у теплі та холодні роки поводить як різні популяції. Рекомендовано змішувати врожаї різних років.
Індія (Tamil Nadu, Kerala)	R. Kamalakannan, M. Varghese	Евкалипти (<i>E. camaldulensis</i> , <i>E. tereticornis</i>). Оцінка варіації плодючості та ефективної чисельності. Висока варіація між деревами ($\Psi=5-13$), менша у вологому саду <i>E. camaldulensis</i> ($\Psi=2-3$). Змішування насіння різних років знижує варіацію, підвищує ефективну чисельність на 31–48%.
Швеція (Pinus sylvestris)	Jan-Erik Nilsson	Дослідження впливу пилкового забруднення на морозостійкість сіянців у перенесених садах. Використано рухомі прищепи. В молодих садах сильний вплив зовнішнього пилку, у старших – слабший. Епігенетичний ефект садового середовища короткотривалий. Високе забруднення через масове пилення за 1 день.
Словаччина	Vladimír Foff , Elena Foffová	Програма PROSAD для проектування й управління даними садів, клонів архівів, розсадників, випробувальних ділянок. Реляційна база даних із SQL-звітами, експорт/імпорт у різні формати. Працює у Windows (з 2000+).
Чехія та Канада	Milan Lstibůrek , Yousry A. El-Kassaby	Нові дизайни садів: (1) Randomized, Replicated, Staggered Clonal-Row – поєднання випадковості та системності, зручність збору врожаю; (2) Minimal Inbreeding – глобальне розміщення клонів для мінімізації інбридингу. Використовують підходи «breeding-without-breeding», складні селекційні стратегії.

Продовження табл. 3.1

Польща	J. Kowalczyk	Сади <i>Pinus sylvestris</i> поєднують виробництво насіння та генетичні випробування. Досліджено 65 родин (12 років): відмінності між найгіршими та найкращими сім'ями – 15–45% за ознаками (діаметр, висота, форма). Генетичне проріджування (видалено 7 сімей). Ефективний розмір популяції знизився, приріст ознак – мінімальний. Використовується спец. софт для планування.
Китай (Beijing, Shanghai, Chinese Academy of Forestry)	X. H. Shen, D. M. Zhang, Y. Li, H. X. Zhang	<i>Pinus tabulaeformis</i> – аналіз системи схрещування (7 років). Рівень перезапилення (outcrossing) 0,795–0,975, самозапилення 0,025–0,205. Після прорідження outcrossing ↓, selfing ↑. Забруднення пилом 0,326–0,532. 17,8% пилку – у радіусі 7 м, 55% – у 20–30 м. Висновок: прорідження впливає на параметри схрещування, але самозапилення в саду нижче, ніж у природних насадженнях.
Португалія	M.J. Gaspar, A. de-Lucas, S.C. González-Martínez, J. Paiva, E. Hidalgo, J. Lousada, H. Almeida	Досліджено коефіцієнт спорідненості (коансестрії) у <i>Pinus pinaster</i> ; встановлено, що помилка у спадковості через повних братів-сестер незначна (<5%).
Швеція (SLU, Уппсала)	H. Hallingbäck	Порівняння селекційних значень за кутом нахилу волокон у клонових садах і потомства; висока кореляція (0,73) дозволяє використовувати оцінки клонів замість довгих тестів потомства.
Латвія	Ā. Jansons, I. Baumanis, A. Gailis	Вивчено вплив забруднення пилом сусідніх насаджень на ріст потомства <i>Pinus sylvestris</i> ; доведено значний вплив джерела пилку, найкращі результати дали швидкорослі клони.

Продовження табл. 3.1

Туреччина	Nebi Bilir , M. Denizhan Ulasan	Створено 22 клонові розсадники (116 га) та 36 насіннєвих ділянок (4813 га) сосни звичайної; понад 90% потреб у насінні покривають насіннєві ділянки, але роль садів зростає.
США (південні штати)	T.D. Byram, W.J. Lowe	Впроваджено "advancing-front orchards" — поступове оновлення насіннєвих садів кожні 5 років; це дозволяє уникати застарівання клонів, але потребує балансу між генетичним прогресом і різноманіттям.
Словаччина	Dušan Gömöry, Roman Longauer, Ladislav Paule, Rudolf Bruchánik:	Досліджено чинники, що впливають на ефективний розмір популяції у <i>Pinus sylvestris</i> ; в старих садах достатньо враховувати кількість клонів, у молодих важливі також фенологія та родючість.
Швеція (Умео)	Johan Kroon, Jon Hallander , Mats Berlin	Створюється елітний сад <i>Pinus sylvestris</i> (5 га, 25 клонів) для підвищення продуктивності на 25%; використовують лінійне розміщення та підбір за селекційними індексами.
Швеція (Уппсала, Skogforsk)	Almqvist Curt	Перше практичне застосування стимуляції цвітіння GA4/7 у <i>Picea abies</i> ; виявлено позитивний ефект на чоловіче і жіноче цвітіння у молодих садах, метод визнано економічно вигідним.
Швеція та Литва	D. Lindgren	Запропоновано стратегію лінійного розміщення неродинних клонів у насіннєвих садах для максимального генетичного приросту при збереженні різноманіття. Метод особливо ефективний при великій доступній різноманітності.
Австралія	Richard Kerr, Greg Dutkowski, Tony McRae	Розроблена система SEEDPLAN – модульний підхід до оптимізації використання насіннєвих садів і сімейних лотів. Враховуються генетичні цінності сімей, економіка плантацій (продуктивність, витрати на вирубку, транспортування). Це дозволяє максимізувати прибутковість компаній.

Продовження табл. 3.1

Швеція	Peichen Gong, Ola Rosvall	Оцінено внесок насіннєвих садів у заготівлю деревини. Генетично покращене насіння збільшує продуктивність лісів, але знижує ціни на деревину (–18% при +20% росту, –30% при +40%). Прибутки лісовласників падають (–5...10%), натомість виграє деревообробна промисловість.
Німеччина	Jörg R.G.Kleinschmit, L. Leinemann, B. Hosius	Вивчено <i>Prunus spinosa</i> (терен) як місцевий вид для збереження генетичних ресурсів. Доведено, що природні популяції генетично диференційовані; насіннєві сади добре відображають генетичний пул природних популяцій. Генетичні відмінності між місцевими та імпортованими (Угорщина) незначні.
Фінляндія	Pöykkö Sirkku	Програма з селекції берези (з 1947 р.). У 1970-х створено перші насіннєві сади, пізніше – друге і третє покоління. Використовується система indoor orchards, що дозволяє виводити нові сади у виробництво за 5 років. Генетичний приріст: +29% у запасі деревини, –13% у звуженні стовбура, –10% у товщині гілок.
Бельгія (Фландрія)	Kristine Vander Mijnsbrugge	Створюються насіннєві сади для збереження автохтонних генетичних ресурсів дерев і кущів. Мета – захистити місцеві популяції від генетичного забруднення та забезпечити матеріал для відновлення лісів.
Бельгія (Flanders, дикі черешні)	Bart De Cuypere	Створено нове покоління клонових насіннєвих садів <i>Prunus avium</i> з відбором 52 генотипів. Просторовий дизайн садів враховує фенологічну та генетичну сумісність для підвищення врожайності та генетичної якості. Забезпечено до 80% внутрішнього запилення.

Продовження табл. 3.1

Польща	Władysław Chałupka	Стимуляція цвітіння (GA4/7, гірділінг): застосовується для клонів, які погано цвітуть у насінневих садах сосни та модрина. Стимуляція підвищує утворення чоловічих або жіночих квітів залежно від часу застосування та положення у кроні. Гірділінг підвищує жіноче цвітіння 2–3 рази, але може пошкоджувати дерево.
Швеція	Wennström Ulfstand	Прямий посів vs. саджанці: насіння з насінневих садів не дає вищу схожість, але зростання сіянців краще. Оптимальна стратегія: використовувати найкращі клони для виробництва саджанців, а залишок – для прямого посіву.
Данія	Piotr Markiewicz	Гібридна модрина: значна варіабельність у відсотку гібридних насінин (10–91%), що вказує на дисфункції у насінневих садах. Рекомендовано перевіряти відсоток гібридів у кожній партії перед посівом.
Польща	Jan Matras	Проблеми насінневих садів <i>L. decidua</i> : до 70% пустих насінин через слабе запилення, самоопилення, погані погодні умови. Рекомендовані методи: максимальна кількість клонів, відстань між прищепами одного клону, стимуляція цвітіння, управління висотою дерев для оптимізації врожайності.
Швеція	Mulualet Tigabu	NIR-спектроскопія: швидкий, недеструктивний метод оцінки якості насіння (пусті, заповнені, уражені комахами). Може використовуватися для контролю генетичної якості, оцінки ефективності запилення та культурних заходів.
Греція	Evi Alizoti	Пожежі 2007 року: масове знищення лісів та унікальних генетичних ресурсів. Показано важливість насінневих садів, особливо охоронних, для відновлення місцевих видів (<i>Pinus nigra</i> та ін.) після катастрофічних подій.

У Південній Кореї висаджують друге і наступні покоління покращених гібридів сосни, з якими почали працювати лише 60 років тому. У деяких країнах із субтропічним кліматом запровадження нових видів викликало останнім часом докорінну зміну в лісокультурній практиці. Реалізація таких робіт перспективна і показує, що генетичне поліпшення дерев гратиме зростаючу роль у створенні лісів та збільшенні їх продуктивності [31].

Аналіз міжнародного досвіду селекційних та насінневих програм у різних країнах демонструє комплексний підхід до покращення продуктивності, стійкості та генетичного різноманіття деревних видів, зокрема сосни звичайної (*Pinus sylvestris*), сосни чорної (*Pinus nigra*), ялини (*Picea abies*) та інших цінних порід. Виявлено, що ефективне використання плантацій і клонових архівів дозволяє поєднувати економічні та екологічні цілі, забезпечуючи стабільну продукцію насіння та генетичний приріст деревних популяцій.

У більшості країн, таких як Туреччина, Фінляндія, Швеція та США, селекційні програми ведуться десятиліттями. Наприклад, у Туреччині селекційні роботи почалися у 1964 році, а національна програма з 1994 року охоплює основні види (*Pinus brutia*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *Cedrus libani*, *Fagus orientalis*). У Фінляндії та Швеції тривалість циклу селекції сосни сягає 40 років, а життєвий цикл насінневого саду – до 55 років. Така системність забезпечує стабільність генетичного приросту та ефективність довгострокового планування.

Дані свідчать про суттєве підвищення продуктивності та якості насіння завдяки селекції. У США сосна лоблолі демонструє приріст деревини на 30–50%, сучасні плантації ростуть удвічі швидше, а 59% саджанців висаджується з генетично поліпшеного матеріалу. У Швеції та Фінляндії використання клонових садів дозволяє отримувати >60% посадкового матеріалу з генетично перевірених садів, а генетичний приріст досягає 20–25% за етапами відбору. У Туреччині та Туреччині (*Pinus nigra*) оцінка генетичного різноманіття показала високий рівень варіативності у всіх насінневих джерелах, що забезпечує збереження цінного генетичного матеріалу.

Важливим аспектом управління насіннєвими плантаціями є врахування фенологічної синхронізації чоловічого та жіночого цвітіння. Дослідження в Греції та Іспанії показали, що кліматичні умови значно впливають на чоловіче цвітіння, тоді як жіноче перебуває під більш стабільним генетичним контролем. Розробка програм, таких як SYNCHRO.SAS в Іспанії, та індексів перекриття дозволяє оптимізувати використання садів і підвищити ефективність запилення.

Клонові насіннєві плантації, які створені в Японії, Швеції та Туреччині, показують високу ефективність у контролі генетичного складу та підвищенні продуктивності насіння. Лінійне розміщення неродинних клонів, як у Швеції, сприяє максимальному генетичному приросту при збереженні різноманіття. У Польщі та США використання стимуляторів цвітіння допомагає підвищити плодючість дерев, особливо у клонів, які погано цвітуть.

Забезпечення здоров'я насаджень є ключовим для збереження генетичного потенціалу. У Швеції контроль комах-шкідників за допомогою *Bacillus thuringiensis* зменшив пошкодження шишок з 85% до 15%. У Канаді загибель сосни через Mountain Pine Beetle та очікувані зміни ареалів через кліматичні зміни підкреслюють необхідність адаптивного управління насіннєвими ресурсами.

Використання сучасних технологій, таких як NIR-спектроскопія у Швеції для оцінки якості насіння, онлайн-системи вибору насіннєвого матеріалу та програмне забезпечення PROSAD для управління даними садів у Словаччині, дозволяє оптимізувати планування, прогнозувати продуктивність та забезпечити збереження генетичного різноманіття.

Розвиток насіннєвих плантацій та використання генетично покращеного матеріалу суттєво підвищує продуктивність лісів, але також впливає на економіку лісовласників та деревообробної промисловості. Наприклад, у Швеції генетично поліпшене насіння підвищує приріст деревини на 20–40%, знижуючи ціни на ринку, що потребує збалансованих рішень для всіх учасників ланцюга.

Глобальна стратегія охорони генетичних ресурсів. Сучасний досвід показує, що насіннєві плантації і клонові архіви не лише забезпечують

комерційні цілі, а й виконують стратегічну функцію збереження генетичного різноманіття та автохтонних популяцій. Приклади з Бельгії, Німеччини та Греції підтверджують їх роль у відновленні місцевих видів після катастрофічних подій і захисті від генетичного забруднення.

Селекційні та насінніві програми показують високу ефективність у підвищенні продуктивності, якості деревини та стійкості лісових культур.

Використання сучасних технологій для управління, контролю якості та прогнозування розвитку насаджень є ключовим для сталого розвитку лісівництва.

Забезпечення здоров'я деревостанів, контроль шкідників і адаптація до кліматичних змін є критично важливими для довгострокового збереження генетичних ресурсів. Плюсові насадження відіграють стратегічну роль у відновленні природних популяцій, збереженні автохтонних генотипів і підвищенні економічної ефективності лісового господарства.

Накопичений у селекції деревних досвід показав, що генетичне поліпшення лісових деревних неможливе без знання генетико-еволюційних характеристик вихідного матеріалу.

Загальнобіологічні закономірності еволюційного процесу рослин характеризуються наступною схемою. У процесі еволюції природних популяцій і видів мутаційний процес, потік генів між популяціями та рекомбінації алелів створюють мінливість генотипів, а природний відбір і дрейф генів сортують цю мінливість.

Природний відбір проявляється у різних формах. У стабільних популяціях, добре пристосованих до певних умов, відбір елімінує "крайні" відхилення. Ця форма відбору, яка називається стабілізуючою, найбільш поширена в природі і характерна для популяцій багатьох деревних рослин. Часто стабілізуючий або урівноважуючий відбір сприяє гетерозиготам, в результаті такого відбору створюється збалансований поліморфізм, заснований на перевазі гетерозигот. Прикладом можуть бути деякі популяції сосни звичайної.

Дизруптивний відбір сприяє збереженню крайніх типів та елімінації проміжних. Ця форма відбору посилює поліморфізм, прикладом можуть бути популяції деревних і стланникових форм високогірних сосен і верб на межі субальпійської та альпійської зон.

Направляючий чи прогресивний відбір викликає у одне бік зміна генетичного складу популяції при освоєнні нового середовища.

Співвідношення основних рушійних сил еволюції їх взаємодія у різних ситуаціях буде різним, залежно від цього шляху і швидкість еволюції відрізнятимуться. У великих панміктичних популяціях ефективність природного відбору дуже висока, а роль генетичного дрейфу незначна; ці популяції високогомеостатичні, еволюція в них протікає повільно та адаптивно. У малих ізольованих популяціях, де панміксія порушена, природний відбір мало ефективний, у популяції панують випадкові коливання мутацій, еволюція у яких протікає швидко, але з адаптивно. У таких популяціях внаслідок інбридингу та дрейфу генів створюється великий поліморфізм. При порушенні ізоляції потік генів між такими поліморфними популяціями постачає матеріал для виникнення гетерозису та швидкої адаптивної еволюції, оскільки стає можливим поєднання потоку генів, рекомбінацій, відбору та генетичного дрейфу в їх тісній взаємодії.

На межах видових ареалів в умовах інтрогресії в результаті потоку генів та рекомбінації виникає велика мінливість. У лісових деревних рослин явище інтрогресивної гібридизації відоме широко і характерно для багатьох лісоутворюючих видів (ялинки, листяниці, берези, дуба та ін.). Гібридні популяції часто займають величезні площі, особливо в порушених антропогенним впливом місце-проживання, де створюються екологічні ніші для поширення гібридних міжвидових рекомбінатів.

Велику роль в еволюції нових форм грає поліплоїдія, що є найбільш ефективним засобом досягнення доцільних форм дуплікацій генів. Спільна дія гібридизації та поліплоїдії створює абсолютно нові алоплоїдні види, для яких характерно певне поєднання ознак, часто відмінних від батьківських форм.

Різноманітність шляхів еволюції формує різні групи рослин (популяції, види, пологи), що різняться за характером генетико-еволюційних процесів та за закономірностями формоутворювального процесу.

У загальній схемі еволюційного процесу лісові деревні рослини мають особливості.

Для всіх дерев'яних зі своїми тривалим життєвим циклом характерна повільна адаптивна еволюція. Географічний тип видоутворення зазвичай переважає, проте при відновленні потоку генів між напівколоніальними і колоніальними гірськими і острівними ізолятами виникають випадки швидкого квантового видоутворення, у листяних порід цей тип видоутворення зустрічається частіше, ніж у хвойних.

Всі лісові деревні рослини анемофільні та ентомофільні перехреснопилювачі, що володіють певною мірою системами самосумісності. Однак здатність до інбридингу у різних видів різна від самофертильних рослин (*Picea omorica*) до частково самостерильних (види пологів *Pinus*, *Picea*, *Abies*). У частково самостерильних видів добре виражені індивідуальні відмінності щодо реакції на самозапилення. Інбредна депресія теж різна у різних видів, індивідуумів, ступінь її вираженості залежить і від умов вирощування.

Хромосомна диференціація видів у межах пологів деревних слабо виражена. Однак механізми репродуктивної ізоляції видів у різних пологах різні. Найбільш строга хромосомна ізоляція характерна для багатьох видів роду *Pinus*, під час пологів *Picea* і *Larix* у більшості видів репродуктивна хромосомна ізоляція майже відсутня; у листяних порід генетичні бар'єри міжвидової несумісності виражені слабо. Не схрещуються лише види, філогенетично далекі.

У зв'язку з цими особливостями хромосомної диференціації у деревних на межах ареалів, при їх перекриванні та збігу термінів цвітіння часто спостерігається інтрогресивна гібридизація.

Незважаючи на певну одноманітність морфології хромосом в межах пологів, все ж є деякі відмінності між популяціями і навіть в межах популяції за загальною довжиною хромосом, розподілу перетяжок та ін. За характером цієї

мінливості можна робити висновок про напрям еволюційного процесу в популяції, що вивчається.

Еволюція каріотипу в рослин взагалі і в деревних зокрема йде двома шляхами: хромосомні перебудови, поліплоїдизація.

Перший шлях характерний для видів з великими хромосомами і невеликими хромосомними числами, сюди відносяться більшість хвойних порід, другий для видів з дрібними хромосомами. В еволюції багатьох пологів і видів листяних порід поліплоїдія відіграла важливу роль, тому шляхи їх розвитку різноманітніші, ніж у хвойних.

Аналіз генетико-еволюційних особливостей вихідного матеріалу дозволяє вибрати доцільні шляхи та методи генетичного поліпшення лісових деревних рослин і проводити селекцію певною мірою цілеспрямовано.

Для визначення оптимальної селекційної стратегії необхідне послідовне виявлення видових, географічних, популяційних та індивідуальних особливостей та їх зв'язку з селектованими ознаками у вихідному матеріалі.

На популяційних моделях визначається тип відбору, адитивна цінність, характер успадкування селектованих ознак, їх вікова та екологічна мінливість, кореляційні зв'язки ознак, компоненти продуктивності.

У популяціях, що сформувалися під дією стабілізуючого відбору, з явно вираженою взаємодією генотип-середовище у видів, швидкість зростання яких змінюється в онтогенезі, наприклад *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, індивідуальний відбір генотипів на підвищення продуктивності малоперспективний. Найбільший селекційний ефект у цих видів можна отримати при виявленні географічних і міжпопуляційних відмінностей.

Для інтенсивних плантаційних насаджень зі скороченим ротаційним циклом ефективність географічної та популяційної селекції може бути підвищена за рахунок селекції клонів, селекції на СКС міжвидової гібридизації з наступним клоновим відбором. Для ялинки звичайної в зарубіжних країнах ці методи вже апробовані. Для правильної оцінки результатів селекції та вибору

напрямую необхідна подальша розробка методів генетичного аналізу кількісних ознак.

Класичний генетичний аналіз, що базується на гібридологічному аналізі, в більшості випадків не застосовний при вивченні кількісних ознак рослин. Генетичний аналіз кількісних ознак передбачає в першу чергу аналіз спадкової обумовленості спостерігається різноманітності в популяціях рослин.

З усього арсеналу методів кількісної генетики рослин при вивченні деревних порід найбільші можливості застосування мають методи розмежування компонент загальної мінливості, оцінки комбінаційних здібностей та виявлення ступеня взаємозв'язку різних ознак.

Серед методів розмежування компонентів мінливості та визначення успадкованості ознак із традиційних способів при роботі з деревними можуть бути використані методи дисперсійного та регресійного аналізів. Особливий інтерес становлять методи, які потребують зміни поколінь. Проте більшість із них не застосовні через низьку достовірність одержуваних результатів. Найбільш теоретично обґрунтованим та пристосованим до потреб селекції є метод фонових ознак і він вимагає доопрацювання щодо застосування безпосередньо до деревних рослин. Перспективним може виявитися також спосіб зіставлення лімітів мінливості в клонах і популяції, запропонований В. М. Роне.

Знання величин ефектів загальної та специфічної комбінаційної здібностей важливе як під час розробки загальної стратегії селекції окремих культур, так і при оцінці конкретних генотипів на різних стадіях відбору. Залежно від необхідного ступеня точності оцінки шуканих параметрів може бути застосований той чи інший метод аналізу (полікрос, топкрос або діалельний аналіз). Діалельний аналіз дає можливість отримати найбільш точну інформацію, але водночас він значно більш трудомісткий. При роботі з деревними застосовна схема аналізу даних діалельного схрещування по Гріффінгу, але з урахуванням того, що оцінювані параметри можуть бути в деякій мірі спотворені через гетерозиготність батьківських форм і можливої наявності епістазу. Необхідно

враховувати також, що на результати діалельного аналізу сильний вплив мають ефекти взаємодії генотипу та середовища.

Оцінка ступеня взаємозв'язку ознак має на увазі в першу чергу визначення коефіцієнтів кореляції на фенотиповому, гено-типовому та паратиповому рівні. Однак зі збільшенням числа признаков різко зростає число коефіцієнтів, вони стають важко-оглядними і нелегко піддаються інтерпретації. У таких випадках велику допомогу можуть надати такі методи багатовимірної статистичного аналізу, як факторний аналіз та аналіз головних компонентів. Ці методи дозволяють виділити основні фактори, що контролюють вивчені ознаки і показати ступінь взаємозв'язку факторів і ознак.

Один з важливих шляхів генетичного поліпшення деревних гібридизація. У різних країнах накопичено великий експериментальний матеріал з гібридизації основних лісоутворюючих видів.

Міжвидова гібридизація посилює формоутворювальний процес. В результаті комбінацій генів при об'єднанні різних геномів виникають абсолютно нові форми рослин, особливо при поєднанні гібридизації з поліплоїдією. У комбінаціях схрещувань батьківських форм з високою СКС можна отримати гетерозис, використання якого відкриває великі перспективи у підвищенні продуктивності лісових деревних. Проте гетерозис виходить здебільшого над гібридної сім'ї в цілм, а лише в окремих індивідуумів. Тому для видів, способи вегетативного розмноження яких ще не раз працювані (види пологів *Quercus*, *Pinus* та ін) використання міжвидової гібридизації обмежено. Для видів вегетативно, що легко розмножуються (тополі, верби, евкаліпти) міжвидова гібридизація з наступним клоновим відбором дуже перспективна для плантаційних культур інтенсивного типу.

В окремих випадках встановлена можливість отримання групового гетерозису в гібридних сім'ях, наприклад при схрещуванні *Larix europea* X *L. leptolepis*, *Populus tremula* X *P. tremuloides*, *Populus tremula* X *P. alba*. Міжвидова гібридизація у цих комбінаціях може бути використана не тільки в клоновій, а й у популяційній селекції для створення високопродуктивних синтетичних

популяцій. Однак слід враховувати, що при міжвидовій гібридизації часто виходить генетично незбалансований гетерозис типу пишності по Добжанському, тому гібридні синтетики можуть бути менш гомеостатичні, ніж природні популяції.

Внутрішньовидова міжпопуляційна гібридизація і гібридизація географічних екотипів останнім часом показала великі перспективи в популяційній селекції сосен, ялин, модрин. І тут можливе отримання популяційного гетерозису і створення стійких синтетичних популяцій.

Можливості гібридизації розширюються у зв'язку з використанням поліплоїдії. Поліплоїдія дозволяє подолати несхрещуваність при віддаленій гібридизації, що дозволяє отримати гібриди філогенетичних далеких видів, аж до міжпідродових. На поліплоїдному рівні віддалені гібриди можуть бути фертильними, що дозволяє вести подальшу селекцію у рослин, нездатних до вегетативного розмноження.

Завдяки поліплоїдії стає можливим закріплення гетерозиси у наступних поколіннях. І нарешті, віддалена гібридизація поліплоїдів дозволяє виявити видові та родові потенціали генетичної мінливості, що дуже важливо для селекційної оцінки вихідного матеріалу та вибору методів селекції.

Оскільки виявлена при схрещування різнохромосомних видів мінливість підпорядковується закону гомологічних рядів, стає можливим прогнозування нових форм гібридів.

У лісових деревних видів під час пологів *Salix*, *Alnus*, *Betula* широко поширена спонтанна поліплоїдія. Використання віддаленої гібридизації у поєднанні з поліплоїдією в цих пологах має великі перспективи.

З гібридизацією та поліплоїдією тісно пов'язана селекція на гетерозис. Це один із провідних напрямків у селекції.

Гетерозис дуже складне біологічне явище, яке не можна обмежувати тільки поняттям "гетерозиготність" і пов'язувати його лише з першим поколінням, так як практично гетерозис можна отримати не тільки при схрещуванні чистих ліній, але і при віддаленій гібридизації, а на поліплоїдному рівні гетерозис часто

зберігається у другому. Для з'ясування механізму гетерозису пропонується розчленувати поняття гетерозис більш прості складові.

За біологічною сутністю виділено три категорії гетерозису: популяційний гетерозис, що формується в природних популяціях у процесі еволюції під дією врівноважуючого відбору, груповий гетерозис виходить при штучній або інтрогресивній гібридизації батьківських форм із високою СКС; індивідуальний гетерозис також виникає при штучній та інтрогресивній гібридизації, коли в гібридних комбінаціях лише віддалені індивідууми мають гетерозис.

За всіма трьома категоріями виділяються типи гетерозису за характером його прояву репродуктивний, соматичний, адаптивний; і за типом взаємодії генів наддомінування, комплементация, адитивні ефекти.

На клонівних біологічних моделях, що складаються з гібридів з різним типом гетерозису та їх батьківських форм, проведено багатопланові комплексні дослідження на організмовому, тканинному, клітинному та молекулярному рівнях.

Досліджено складові біомаси, анатомічна структура листя, ультраструктура хлоропластів, термостійкість клітин листка, цитологічна характеристика активності меристем, особливості нуклеїнового обміну, ступінь гетерогенності ізоферментів.

Генетико-статистичний аналіз мінливості вивчених ознак показав велику генетичну різноманітність клонів, включених у біологічну модель гетерозису. Виявлено взаємозв'язки ознак, що, з одного боку, дозволило спростити аналіз за рахунок видалення неінформативних ознак, а з іншого дало можливість обґрунтувати підходи для прогнозування гетерозису. Показано зміну характеру взаємозв'язку в системі ознак продуктивності залежно від відсутності або присутності гетерозису та його типу.

Ці дослідження дозволили виявити особливості прояву різних типів індивідуального гетерозису. Деякі з цих особливостей розкривають загальнобіологічні закономірності в складних механізмах гетерозису.

Подальша інтенсифікація селекційного процесу у лісових деревних у плані досліджень ефектів популяційного, групового та індивідуального гетерозису, а також поліплоїдії пов'язана з необхідністю розширення досліджень природи гетерозису і поліплоїдії на всіх рівнях організації рослин молекулярному, клітинному, тканинному. При цьому слід на увазі, що результати досліджень на нижчих ієрархічних рівнях лише частково можуть бути екстраповані на вищі рівні. Не випадково, наприклад, одним з основних предметів генетики рослин є вивчення ознак продуктивності в окремих рослин, а продуктивність популяцій і ценозів вивчається біологами з використанням всього арсеналу знань різних областей сучасної біології генетики, фізіології, біохімії, цитології, біофізики та інших на різних рівнях організації. Навіть сам генетичний аналіз рослинних об'єктів від молекулярного рівня до популяційного передбачає використання принципів і підходів як молекулярної генетики, так і генетики популяцій.

Результати сучасних генетичних та біохімічних досліджень показують, що в основі явищ гетерозису, поліплоїдії та депресії рослин лежать певні перебудови у молекулярній структурі геному та плазмону. Про це свідчать, зокрема, відмінності між батьківськими формами гетерозисних гібридів рослин за вмістом повторюваних нуклеотидних послідовностей ДНК, а також збільшення відносного вмісту повторів ДНК у поліплоїдних видів рослин. Ці варіації у структурі геномів рослин можуть бути визначені з використанням методів диференціального забарвлення хромосом, кінетики реасоціації ДНК, гібридизації індивідуальних фракцій ДНК та окремих типів РНК із ДНК. Як видно з цього, методи молекулярної біології та генетики доповнюють класичні способи виявлення хромосомних перебудов, зумовлених дуплікаціями, делеціями, транслокаціями та інверсіями.

У функціональному відношенні перебудови структури хромосом в областях локалізації повторів ДНК при інбредній депресії, гетерозисі та поліплоїдії виявляються за ступенем деконденсації хромосом, прискорення реплікації та транскрипції ДНК та підвищення активності трансляційного апарату. Ці функції хромосом здійснюються за активної участі регуляторних

генів і ділянок ДНК, а також гормонально-інгібіторного комплексу, які є основними компонентами систем інтеграції метаболізму, диференціювання та морфогенезу рослин.

Одним із важливих механізмів активізації продукційного процесу рослин є інтенсифікація процесів реплікації ДНК на різних етапах онтогенезу рослин. У високогетерозисних гібридів це виявляється головним чином у підвищенні активності мітозів у коренях і пагонах на початкових етапах онтогенезу та в зародках відразу після процесу запліднення. Ця перевага на початкових етапах формування вегетативних і репродуктивних органів виражається на пізніх етапах онтогенезу у вигляді помітного збільшення біомаси відповідних органів. Поряд з цим у високопродуктивних форм рослин інтенсифікація ростових процесів в окремих диференційованих тканинах забезпечується також завдяки явищу клітинної поліплоїдії.

Висока продуктивність рослин пов'язана з активацією синтезу РНК та білка. Підвищення транскрипційної активності помітно у сфері ядерцевого організатора, тобто. у районі розташування генів рРНК. Підвищення активності біосинтезу білка при гетерозисі відбувається в основному за рахунок комплементатії функціональної активності всіх комп'ютерів і супроводжується прискоренням біосинтезу поліпептидного ланцюга за одиницю часу. Отже, ефект комплементатії при гетерозисі може мати місце лише на рівні трансляції.

Вважають, що успадкування господарсько-корисних ознак рослин пов'язані з полігенним комплексом генів. У цьому зв'язку представляє інтерес випадок, коли склад популяцій новоутворених іРНК батьківських форм гетерозисних гібридів рослин істотно відрізняється. В основному ці відмінності пов'язані з неоднаковою частотою народження в популяції іРНК фракцій, що становлять її значну частину. Останній виявляється при гібридизації новоутворених РНК з ДНК.

Важливе місце серед підходів щодо вивчення природи гетерозису займає вивчення явища біохімічного поліморфізму. Дослідженнями багатьох авторів показана адаптивна роль поліморфізму, і тому аналіз популяцій, а також

вихідних форм високопродуктивних гібридів з використанням електрофоретичних методів дозволяє досить обґрунтовано прогнозувати ефекти як генетичного, так і онтогенетичного гомеостазу. У цьому плані необхідні дослідження з підбору комплексу маркерних білків і ферментів, індекс різноманітності яких зрештою визначатиме певною мірою ефективність реалізації селекційних програм.

В даний час йде інтенсивна розробка основ генетики кількісних ознак із залученням математичних методів. Безперечно, що ефективність цих методів може бути значно підвищена при розшифровці природи полігенів, що визначають кількісні ознаки рослин. Справа в тому, що морфологічні особливості вихідного селекційного матеріалу не завжди дозволяють прогнозувати властивості гібридних рослин, тому доцільно оцінити успадкованість більш простих доданків ознаки продуктивності рослин. У цьому плані цікавий пошук і фенотипічна ідентифікація генетичних систем, що мають сильний плейотропний ефект на формування ознаки продуктивності.

Про існування таких відносно нечисленних генетичних систем свідчить ряд експериментальних даних. Так, наприклад, показано, що явищу гібридної потужності супроводжує порівняно невеликий оптимум гетерозиготності. Найбільш переконливим щодо цього є ефект моногібридного гетерозису. Відомо також, що незважаючи на відносно невеликий внесок багатьох генів у формування ознак вищого ієрархічного порядку, є ряд моногенно успадкованих ознак, що істотно впливають на габітус окремих індивідумів і на продуктивність популяції в цілому. Вважають, що ці специфічні гени локалізовані в тісно зчеплених блоках полігенів і виявляють свій ефект лише у складі певних генотипів.

Удосконалення селекційних програм на основі використання принципів генетики кількісних ознак дозволить надалі більш ефективно тестувати ознаки продуктивності лісових деревних. Особливо перспективною в цьому плані є розробка програм селекції з оптимізації фотосинтетичних груп цінозів. Про

значимість цього напрямку досліджень, зокрема, свідчить зменшення величини індексу обліственності у високопродуктивних між видових гібридів тополь.

Очевидно, для всіх категорій гетерозису (індивідуальний, груповий, популяційний) лісовим деревним рослинам властива оптимальна гетерозиготність, що забезпечує високу пристосовність до умов середовища, що змінюються. Поряд з цим у підвищенні гомео-статичності рослин важливу роль, відіграє, ймовірно, оптимізація всіх метаболічних процесів, що, у свою чергу, сприяє ефективному використанню ресурсів навколишнього середовища та економному розходженню енергетичних ресурсів у самій рослині. Загально визнано, що гетерогенність або поліморфізм популяцій є стратегією виживання, основою адаптації до умов середовища, що змінюються. Нами експериментально встановлено, що для гібридів з адаптивним гетерозисом гетерогенність структур проявляється на всіх рівнях організації рослин; на організмовому (гетерогенність складових біомаси), тканинному (гетерогенність анатомічних структур), клітинному (структурна гетерогенність хлоропластів), молекулярному (гетерогенність молекулярних форм ферментів). У зв'язку з цим гетерогенність, певне, слід вважати універсальним механізмом адаптації.

Це дозволяє в майбутньому вести селекційний процес більш планомірно та цілеспрямовано. Разом з тим уже в даний час на основі комплексного вивчення генетичних процесів у лісових деревних на різних рівнях організації їх життєдіяльності можна запропонувати програми інтенсифікації селекції лісових деревних.

Аналіз закономірностей успадкування різних ознак та їх внесок у продуктивність гібридів виявив можливість раннього прогнозування різних типів гетерозису за листовими індексами, активності меристем, характеру будови мезофілу листа, за термостійкістю, за ізоферментним спектром та особливостями нуклеїнового обміну. У селекції лісових деревних рослин з тривалим життєвим циклом використання методів раннього прогнозування дозволить значно скоротити селекційний процес та проводити відбір у ранньому віці.

Лісові дерева характеризуються тривалістю життя, пізнім настанням репродуктивної зрілості, полігенним контролем господарсько-цінних ознак та збереженням великих ефективних популяцій, що ускладнює генетичні дослідження. Попри це, завдяки високому екологічному та економічному значенню лісів, генетика деревних видів активно розвивається протягом останніх десятиліть. Генетичне різноманіття забезпечує стабільність лісових екосистем і є джерелом матеріалу для селекції, спрямованої на підвищення продуктивності та адаптивності насаджень [38].

Рівень сучасної генетичної варіації лісових дерев формувався внаслідок післяльодовикових міграцій і змін ареалів після останнього льодовикового максимуму. Численні генетичні дослідження підтверджують результати палінологічних і макрофосильних реконструкцій, ідентифікуючи рефугіуми та шляхи реколонізації. Для сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) встановлено, що її мітохондріальні та хлоропластні геноми мають різні способи передачі, що зумовлює відмінності у структурі генетичної варіації. Хлоропластна ДНК демонструє високу варіабельність, тоді як ядерний геном забезпечує більшу роздільну здатність завдяки рекомбінації та вищим показникам мутацій [38].

Сосна звичайна є ключовим лісоутворюючим видом Північної півкулі з широким євразійським ареалом (від Іспанії до Сибіру), високою пластичністю та селекційним потенціалом. Популяції виду демонструють значну генетичну мінливість і низьку диференціацію, що пояснюється ефективним поширенням пилку та післяльодовиковою історією міграцій. Встановлено існування кількох основних рефугіумів у Південній Європі та Туреччині, звідки вид колонізував Центральну й Північну Європу. Для азійських популяцій характерна нижча генетична варіабельність, імовірно пов'язана з ефектом засновників [38].

Кліматичні умови значно впливають на формування локальних популяцій сосни звичайної. Добовий фотоперіод, температура, тип ґрунту та інші абіотичні чинники зумовлюють формування географічних рас і екотипів. Для Центральної Європи характерна наявність двох основних екотипів – низинного та високогірного, що відрізняються морфологічними, фізіологічними та

адаптивними характеристиками. Високогірний екотип демонструє підвищену стійкість до забруднення та вітрових пошкоджень, тоді як низинний — вищі темпи росту [30].

Експерименти з визначення походження довели, що північні популяції гірше реагують на перенесення у південні регіони, що призводить до зниження росту й виживання. Генетичні кореляції між висотою у молодому віці та об'ємним приростом у старшому ($r \approx 0,8$) свідчать про можливість раннього відбору потомства за фенотиповими показниками. У дослідженнях, проведених у Швеції, виявлено позитивний зв'язок між життєздатністю та висотою дерев, що підкреслює роль адаптивної мінливості у селекційних процесах [30].

Отже, врахування екотипової та генетичної варіації сосни звичайної має ключове значення для формування ефективних програм селекції та лісовідновлення. Поєднання фенотипових, молекулярно-генетичних і екологічних підходів дозволяє точніше оцінювати адаптивний потенціал виду в умовах змін клімату та антропогенного впливу [38, 30].

Динамічна природа екотипових факторів і їхній вплив на ріст та виживання дерев критично важливі для сталого управління лісами в Центральній Європі [38]. Ефективні інструменти, що поєднують фенотип, генотип, експресію генів та середовище, особливо цінні для голонасінних, дозволяють простежити незалежну еволюцію адаптивних фенотипів. *Pinus sylvestris* – один з провідних хвойних видів у лісовому господарстві, що охоплює близько 145 млн га у Північній Євразії, значущий для поглинання вуглецю та виробництва деревини. Селекція з використанням клонових насаджень і тестування потомства може підвищити продуктивність на 20–25 %, а інтеграція геноміки в селекційні схеми є перспективним шляхом. Проте величезний геном (≈ 24 Гб), з великою часткою повторів, обмежує широке застосування повного секвенування. Отже, для деревних видів потрібні економічно ефективні платформи генотипування, орієнтовані на функціональні ділянки геному [32].

У досліджах з посухостійкістю, виконаних у Швеції, виявлено, що кореневі ознаки мають помірну чи високу спадковість, і що сім'ї з селекційних насаджень

мають вищу посухостійкість, але нижчу генетичну мінливість у деяких ознаках крони порівняно з природними популяціями [29].

Дрібномасштабна просторово-генетична структура сосни звичайної (на рівнях до десятків метрів) показує дещо підвищену спорідненість на коротких відстанях, але зниження спорідненості з ростом відстані; при цьому вибіркові ділянки не були генетично диференційовані [36].

У Казахстані проведено дослідження напівсібсів плюсових дерев: виявлено зниження очікуваної гетерозиготності порівняно з материнським матеріалом, але досить високий спостережуваний рівень гетерозиготності (0,4980 та 0,4556). Виявлено унікальні алелі та запропоновано поєднання традиційних селекційних методів з молекулярним аналізом для відбору елітних дерев [33].

У Чехії виділено два основні екотипи сосни звичайної: гірський (верховий) і «Ланський». Гірський екотип поширений у хребтах Центральної, Південної та Східної Європи на висотах 500–1100 м, відомий своєю стійкістю до забруднення та стихійних лих. На відміну від піонерного пагорбового типу, він є клімаксовим, росте в суміші з ялиною, ялицею та буком, здатний до природного поновлення під пологом. Екотип «Ланська» (нагірна сосна) характеризується прямим циліндричним стовбуром, високо піднятою кроною, схожою на ялинову, і високою якістю деревини. Вона толерантна до короткочасного затінення, але чутлива до змін рівня ґрунтових вод і гербіцидів. Завдяки стійкості до снігових навантажень, пізніх заморозків та формуванню сприятливого мікроклімату, сосна «Ланська» має важливе екологічне та господарське значення [34].

Популяції *Pinus gerardiana* в Афганістані зберігають помірний рівень генетичної різноманітності, незважаючи на історичні обмеження чисельності, однак відсутність природного поновлення та надмірна експлуатація створюють реальну загрозу довгостроковому виживанню виду [35].

Для збереження та сталого використання лісів Чілгози необхідно поєднати заходи *in situ* та *ex situ*, запровадити програми лісовідновлення та випробування

походження в основних регіонах поширення, залучаючи до цього місцеве населення [35].

Селекцією основних лісоутворюючих видів в Україні займались Білоус В.І. [2], Мольченко Л.Л., Ярмош І. К.[13], Яцик Р.М. з співавторами [27, 26], Криницький Г.Т. [9], Дебринюк Ю. М. [6], Лісовий М. М.[10], Заїка В.К.[7], С. А. Лось [11], Терещенко Л. І. [20], Мажула О.С. [12].

Лісівничо-селекційну оцінку деревостанів сосни звичайної в Україні здійснювали Войтюк В.П., Андрєєва В.В. [1, 4, 3, 37], Волошинова Н.В. [24, 5], Лазар О. Д. та ін. [5].

Як висновок, можемо узагальнити, що вивчення вихідного матеріалу, вивчення формоутворювального процесу у вихідному матеріалі та закономірностей формоутворення при гібридизації та поліплоїдії, виявлення особливостей прояву різних типів гетерозису, розробка методів ранньої діагностики продуктивності, все це дозволяє розробляти цілеспрямовані потрібні напрями та методи селекції того чи іншого виду з урахуванням цільового спрямування лісогосподарського використання покращеного селекційного матеріалу.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Природно-кліматичні умови регіону дослідження

Клімат Волинської області детально описано в колективній монографії «Природа Волинської області» кінця 1970-х років. Загалом клімат характеризується помірною континентальністю, проте сучасні спостереження свідчать про збільшення частоти екстремальних погодних явищ, включно з посухами, зливами, підвищенням температури взимку та літніми холодними хвилями. Інформація про сучасний клімат та його зміни є важливою як для науковців, так і для господарської діяльності людини, зокрема в лісовому секторі [21].

Ґрунтовий покрив відіграє ключову роль у формуванні ландшафтів та господарській діяльності. Ґрунти формуються внаслідок взаємодії компонентів ландшафту, і їх типи різняться залежно від природних умов. На Поліссі переважають дерново-підзолисті, дернові оглеєні, лучно-болотні, торф'яно-болотні та торфові ґрунти низинних торфовищ. На Волинській височині поширені сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти, чорноземи, а на заплавах приток Західного Бугу та Стиру – торф'яно-болотні та карбонатні алювіальні ґрунти.

Материнськими породами є карбонатний елювій, середньочетвертинні флювіогляціальні піски, суглинки та супіски, льодовикові моренні утворення, верхньочетвертинні алювіальні піски та суглинки, лесові відклади, голоценові алювіально-болотні та торфові відклади. Дерново-підзолисті ґрунти займають близько 17,9 % площі області, вони добре дреновані, кислі, з низькою вологоємністю (10–12 %), що сприяє швидкій мінералізації органічної речовини та можливим посухам і вітровій ерозії. Рекомендовано вибіркові лісопосадки, сидеральні сівозміни, внесення органо-мінеральних добрив і зрошення для підтримання водно-повітряного режиму.

Дерново-підзолисті глейові та глеюваті ґрунти охоплюють 25,7 % території, поширені на межиріччях північної та центральної частин Волинського Полісся. Вони перебувають у дефіциті вологи влітку та перезволоженні весною і восени, частково оглеєні, живляться атмосферними опадами та ґрунтовими

водами. Глибина залягання водоносного горизонту 1,5–3 м при солоності 0,2–1,0 г/л.

Гідрографічна мережа області добре розвинена і включає 137 річок, з яких 70 довші за 10 км, 268 озер площею понад 1500 га, 439 ставків загальним об'ємом 57,8 млн м³ та 13 водосховищ загальною площею 2253 га (об'єм 42,01 млн м³, корисний 38,93 млн м³). Річки належать до басейнів Дніпра та Західного Бугу. Основна річка області – Прип'ять із притоками Турія, Стохід, Стир, Виживка та Цир. До басейну Західного Бугу входить 13 річок, у тому числі Луга.

Озера області мають заплавне та карстове походження, площа здебільшого становить 1–5 км². Загальний об'єм води в озерах – 943,65 млн м³, половина з якого припадає на озеро Світязь. Розподіл озер за басейнами річок нерівномірний: найбільше їх у басейнах Прип'яті – 77, Турії – 70, Стоходу – 30, Стиру – 12, Виживки – 9; решта належить басейну Західного Бугу [21].

Із кліматичних факторів, що негативно впливають на ріст і розвиток лісових насаджень є пізні весняні та ранні осінні заморозки. В цілому кліматичні фактори сприятливі для ведення лісового господарства. Це підтверджується наявністю насаджень високих бонітетів: сосни, дуба, берези, вільхи. Територія лісгоспу за характером рельєфу відноситься до рівнинних. За ступенем вологості більша частина ґрунтів відноситься до свіжих [16].

2.2. Об'єкт і методика досліджень

Об'єктом дослідження був деревостан сосни звичайної природного походження площею 6,4 га в кв. 54, вид. 13 Сокиричівського лісництва (рис. 2.1).

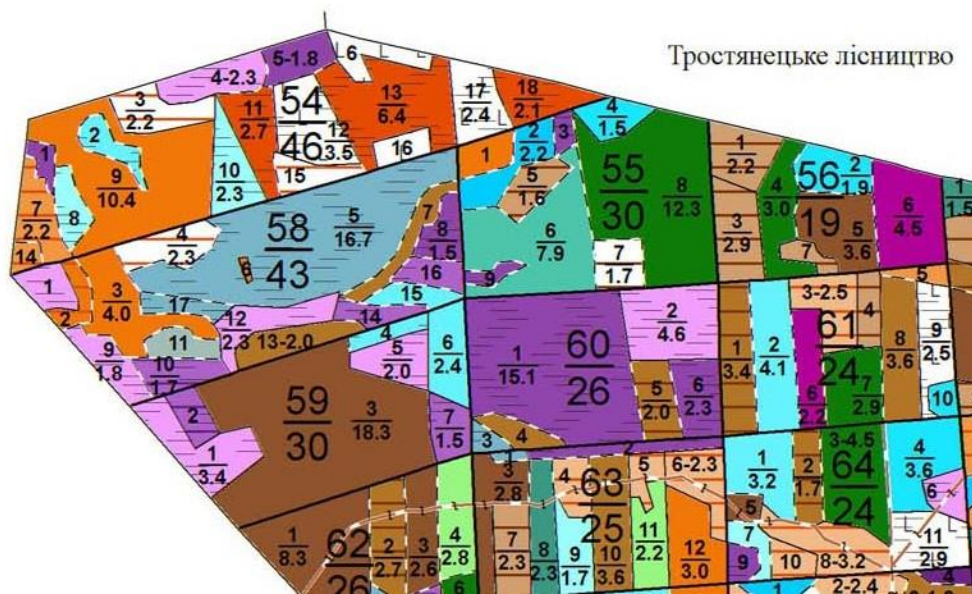


Рис. 2.1. План розміщення пробної площі у Сокиричівському лісництві

З метою ідентифікації морфологічних форм сосни звичайної та визначення лісівничо-селекційної цінності деревостану нами було закладено пробну площу відповідно до методичних рекомендацій УкрНДІЛГА. На кожній пробі проводили детальні дендрометричні вимірювання 100 дерев, включно з визначенням діаметра на висоті грудей, загальної висоти, довжини очищеної частини стовбура, параметрів живої крони, висоти переходу до грубої кори та її морфотипу, фіксацією наявних вад, товщини скелетних гілок і ступеня заростання стовбура від сучків. Отримані первинні дані було опрацьовано з використанням методів варіаційної статистики [19], що дозволило кількісно оцінити варіабельність фенотипових ознак та сформуванати об'єктивну характеристику селекційної цінності досліджуваних деревостанів.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Пробна площа закладена в деревостані сосни звичайної природного походження площею 6,4 га в кв. 54, вид. 13 Сокиричівського лісництва (табл. 3.1, рис. 3.1). За нашими даними, склад насадження 10Сз, II бонітет, вік 110 років, середня висота – 25,8 м, середній діаметр – 31,2 см, повнота – 0,58, запас на 1 га – 319 м³. Тип умов місцезростання – Сз. Тип лісу – вологий грабово-дубово-сосновий сугруд (ГДС). В підліску зростає крушина ламка, калина, в покриві квасениця звичайна, яглиця звичайна, безщитник жіночий, веснівка дволиста. Ґрунт – дерново-слабопідзолистий глинисто-супіщаний, рельєф рівнинний. Пробна площа являє собою прямокутник площею 0,24 га.

Таблиця 3.1

Лісівничо-селекційна характеристика насаджень сосни звичайної

Номер пробної площі		Пробна площа
Тип лісорослинних умов і тип лісу		Сз, ГДС
Склад насадження		10Сз
Походження		Природне
Вік, років		110
Середня висота, м		25,8
Середній діаметр, см		31,2
Клас бонітету		II
Повнота		0,58
Запас на 1 га, м ³		319
Відсоток дерев	Плюсових та кращих нормальних	18
	Нормальних	58
	Мінусових	24
Селекційна категорія		Нормальне

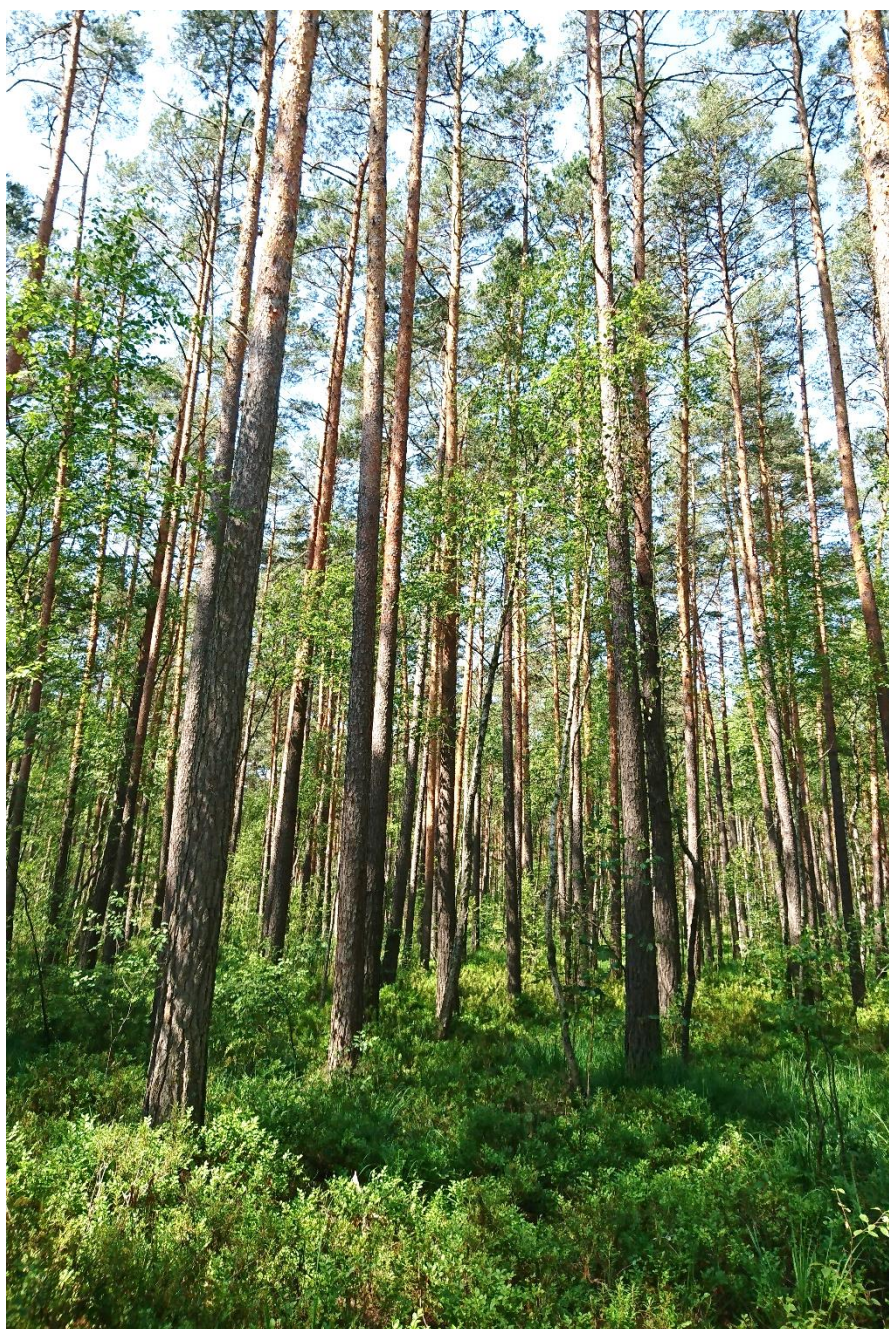


Рис. 3.1. Насадження сосни звичайної віком 110 років в кв.54, вид.13 Сокиричівського лісництва, тип умов місцезростання – С₃.

Діаметр стовбура на висоті 1,3 м у дерев коливається від 14 до 50 см при середньому значенні на пробі 31,2 см ($M \pm m = 31,2 \pm 0,63$ см, $s = 6,34$ см, $V = 20,4\%$, $P = 2,0\%$).

Висота стовбура у дерев варіює від 19 до 31,5 м при середньому значенні на пробі 25,8 м ($M \pm m = 25,8 \pm 0,22$ м, $s = 2,09$ м, $V = 8,2\%$, $P = 0,8\%$).

Довжина очищеного від мертвих сучків стовбура у дерев становить 4 – 17,5 м (табл. 3.2) при середньому значенні 11,1 м ($M \pm m = 11,1 \pm 0,36$ м, $s = 3,62$ м, $V = 32,8\%$, $P = 3,3\%$).

Таблиця 3.2

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за ступенем очищення стовбура від сучків в розрізі селекційних категорій дерев

Довжина очищеного стовбура, м	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
4 – 6	9	1	5	3
6 – 8	12	4	6	2
8 – 10	22	7	13	2
10 – 12	19	4	11	4
12 – 14	11	1	7	3
14 – 16	16	1	9	6
16 – 18	11	-	7	4
Всього:	100	18	58	24

Висота підняття грубої кори у дерев коливається від 3 до 10 м (табл. 3.3) при середньому значенні 6,5 м ($M \pm m = 6,5 \pm 0,20$ м, $s = 1,96$ м, $V = 30,3\%$, $P = 3,0\%$).

Відстаючі в рості (мінусові) дерева характеризуються меншим показником підняття грубої кори по стовбуру.

Таблиця 3.3

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за висотою підняття грубої кори в розрізі селекційних категорій дерев

Висота підняття грубої кори, м	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
1	2	3	4	5
3	5	1	3	1
4	14	1	9	4
5	15	1	8	6
6	18	4	9	5
7	18	2	14	2
8	12	3	6	3
9	10	3	5	2
10	8	3	4	1
Всього:	100	18	58	24

У 85% дерев насаджень спостерігається добре заростання очищених від мертвих сучків місць і лише 2% – поганим (табл. 3.4). Кращі дерева характеризуються переважно добрим заростанням.

Таблиця 3.4

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за ступенем заростання очищених від мертвих сучків місць в розрізі селекційних категорій дерев

Ступінь заростання	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
Добре	85	18	49	18
Задовільне	13	-	8	5
Погане	2	-	1	1
Всього:	100	18	58	24

За морфологічними формами крон (табл. 3.5) виділено конусоподібну, овально-конусоподібну, овальну, кулясту. Останні дві форми свідчать про зниження інтенсивності росту дерев у висоту. Їх кількість становить 50%.

Деревостан характеризується хорошим приростом у висоту. Більшість кращих дерев мають конусоподібну форму крони.

Таблиця 3.5

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за формою крон
в розрізі селекційних категорій дерев

Форма крон	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
Конусоподібна	38	10	23	5
Овально-конусоподібна	12	-	7	5
Овальна	33	7	21	5
Куляста	17	1	7	9
Всього:	100	18	58	24

За густотою крони виділено дерева з густою, середньою і рідкою кронами (табл. 3.6). Кращі з нормальних дерев мають переважно середню крону, мінусові – рідку.

Таблиця 3.6

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за ажурністю крони в розрізі
селекційних категорій дерев

Ажурність крони	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
Густа	14	4	8	2
Середня	53	12	32	9
Рідка	33	2	18	13
Всього:	100	18	58	24

За товщиною скелетних гілок в кроні дерев виділено три групи – товсті, середні, тонкі (табл. 3.7). За розподілом дерев за даною ознакою більша частина дерев володіють тонкими і середніми гілками. Частина кращих дерев мають також товсті гілки.

Таблиця 3.7

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за товщиною скелетних гілок крони в розрізі селекційних категорій дерев

Товщина скелетних гілок	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
Тонкі	62	7	36	19
Середні	28	7	18	3
Товсті	10	4	4	2
Всього:	100	18	58	24

Довжина живої крони у дерев коливається від 3 до 15 м (табл. 3.8) при середньому значенні 8,1 м ($M \pm m = 8,1 \pm 0,26$ м, $s = 2,57$ м, $V = 31,7\%$, $P = 3,2\%$). Мінусові дерева характеризуються меншою, а кращі більшою довжиною крони.

Таблиця 3.8

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за довжиною крони в розрізі селекційних категорій дерев

Довжина крони, м	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
3 – 5	11	-	4	7
5 – 7	21	1	14	6
7 – 9	39	5	27	7
9 – 11	14	3	8	3
11 – 13	10	6	3	1
13 – 15	5	3	2	-
Всього:	100	18	58	24

Діаметр проекції крони дерев змінюється від 1 до 7 м (табл. 3.9) при середніх показниках 3,2 м ($M \pm m = 3,2 \pm 0,16$ м, $s = 1,58$ м, $V = 49,7\%$, $P = 5,0\%$).

Таблиця 3.9

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за діаметром проекції крони в розрізі
селекційних категорій дерев

Діаметр проекції крони, м	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
1 – 2	19	-	7	12
2 – 3	22	1	14	7
3 – 4	27	3	22	2
4 – 5	20	6	12	2
5 – 6	7	4	2	1
6 – 7	5	4	1	-
Всього:	100	18	58	24

В стиглому віці відсталі в рості (мінусові) дерева сосни на відміну від кращих дерев характеризуються низькими значеннями діаметра проекції крони.

Висока варіативність ($V > 20\%$) морфологічних показників дерев, таких як довжина очищеного стовбура, довжина та діаметр проекції крони, висота підняття грубої кори, свідчить про формове різноманіття сосни звичайної в досліджуваних деревостанах.

Дерева на пробних площах розрізняються також за вадами (табл. 3.10). Встановлено наступні вади стовбура і крони дерев: незначна кривизна стовбура (11%), значна кривизна стовбура (3%), сухі гілки в кроні (3%), враження сосною губкою (2%), дерева з вилкою в кроні (роздвоєння стовбура в кроні, 4%), механічні ушкодження (2%). Дерева без вад складають 75%.

Розподіл дерев (в %) на пробних площах за вадами в розрізі селекційних
категорій дерев

Вади	Разом	Кращі	Нормальні	Мінусові
Незначна кривизна	11	-	9	2
Значна кривизна	3	-	-	3
Сухі гілки в кроні	3	-	-	3
Соснова губка	2	-	-	2
Вилка в кроні	4	1	2	1
Механічні пошкодження	2	-	1	1
Без вад	75	17	46	12
Всього:	100	18	58	24

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЛІСОВОЇ ДІЛЯНКИ

Одним із методів, який дає змогу наближено визначити економічну оцінку ділянки лісу, є сума рентної плати за заготівлю деревини при проведенні рубки головного користування. Використовуючи дані закладеної пробної площі, отримано результати матеріально-грошової оцінки заготовленої деревини (табл. 4.1).

Ділянка представлена деревостаном сосни звичайної природного походження площею 6,4 га в кв. 54, вид. 13 Сокиричівського лісництва. За нашими даними, склад насадження 10Сз, тип умов місцезростання – Сз, у віці 110 років середня висота становить 25,8 м, середній діаметр – 31,2 см, розряд масових таблиць для сосни – 2, всього ліквіду на 1 га – 311 м³, із них ділової деревини – 275 м³. Сума рентної плати за заготівлю деревини становитиме 71935 грн. з 1 га.

Таблиця 4.1

Матеріально-грошова оцінка заготовленої деревини при проведенні рубки
головного користування у кв. 54, вид. 13, з розрахунку на 1 га

Діаметр на 1,3 м, см	Порода <u>Сосна</u> Розряд масових таблиць <u>2</u>									
	Число стовбурів			Ділова				Дрова	Ліквід з крони	Всього ліквіду
	ділових	дров'яних	всього	крупної	середньої	дрібної	разом			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	1	-	1	-	-	0,07	0,07	0,00	-	0,07
16	1	1	2	-	0,05	0,09	0,14	0,18	-	0,32
20	6	1	7	-	1,14	0,36	1,50	0,36	-	1,86
24	19	1	20	-	6,65	0,76	7,41	0,84	0,20	8,45
28	25	2	27	1,25	12,50	0,50	14,25	1,84	0,27	16,36
32	15	1	16	5,40	6,15	-	11,55	1,35	0,32	13,22
36	14	1	15	8,96	5,04	-	14,00	1,59	0,45	16,04
40	5	-	5	4,70	1,60	-	6,30	0,20	0,20	6,70
44	7	-	7	8,82	2,03	-	10,85	0,35	0,35	11,55
Всього	93	7	100	29,13	35,16	1,78	66,07	6,71	1,79	74,57
Всього ліквіду на 1 га				121	147	7	275	28	7	311
Ціна 1 м ³ , розряд такс 3				329,6	211,88	82,38	-	8,99	3,6	-
Сума в грн.				40005	31040	611	71657	251	27	71935

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Забезпечення пожежної безпеки на лісогосподарських та лісопромислових підприємствах здійснюється шляхом впровадження системи організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на недопущення виникнення пожеж і зменшення факторів ризику. Комплекс цих дій охоплює створення безпечних умов праці для працівників, запобігання поширенню вогню у разі його виникнення, а також мінімізацію матеріальних збитків та негативного впливу на природні екосистеми. Важливою складовою є забезпечення належної взаємодії з пожежно-рятувальними підрозділами, що дає можливість оперативно реагувати на надзвичайні ситуації та ефективно ліквідовувати осередки загоряння відповідно до чинних нормативних вимог [8, 14, 17].

Філія «Ківерцівське лісове господарство» підтримує принципи та права на працю, визначені в Декларації МОП про основні принципи і права на працю які базуються на восьми основних Конвенціях МОП про працю [16].

Підприємство сприяє гендерній рівності у працевлаштуванні, в можливостях навчання, укладанні угод, в процесах залученості до господарської діяльності, жінки та чоловіки працюють на однакових умовах, отримують однакову заробітну плату за однаково виконану роботу. Облікова кількість штатних працівників на 31.12.2022 року становить 184 чол., в тому числі жінки 74 особи. На підприємстві розроблена програма конфедичійних та ефективних заходів для сповіщення про сексуальні домагання і дискримінацію за гендерними ознаками, сімейним станом, батьківством або сексуальною орієнтацією та їх усунення. Підприємство дотримується правил гігієни праці та безпеки праці для захисту працівників від професійних загроз безпеці та здоров'ю, здійснюється внутрішній контроль дотримання правил з охорони праці та техніки безпеки [16].

Правила техніки безпеки під час проведення вимірювань і закладання пробної площі в лісі ґрунтуються на вимогах чинного законодавства України, зокрема Мінімальних вимог щодо безпеки і здоров'я на роботі працівників лісового господарства [14]. Усі польові роботи мають виконуватися

працівниками, які пройшли попередній інструктаж з охорони праці, навчання методам надання першої домедичної допомоги та ознайомлені з особливостями роботи у складних природних умовах. Працівники повинні бути забезпечені відповідними індивідуальними засобами захисту, у тому числі спеціальним взуттям, захисним одягом, засобами зв'язку та, за необхідності, додатковими пристосуваннями для роботи на схилах, заболочених чи інших небезпечних ділянках.

Перед початком польового сезону працівники проходять медичні огляди, а керівник польових робіт повинен бути поінформований про місця розташування найближчих медичних закладів, де може бути надана допомога у разі травмування. Під час пересування лісом необхідно обирати безпечні маршрути, бути особливо обережними на схилах, у каньйонах або під час перетину водних та болотистих ділянок, підтримувати постійний зв'язок між членами групи та контролювати взаємну видимість.

Під час виконання вимірювань та закладання пробної площі використовуване обладнання має бути технічно справним і придатним для роботи в польових умовах. Обладнання необхідно переносити у спосіб, що виключає ризики падіння, ударів або пошкоджень, які можуть спричинити травми. У разі погіршення погодних умов, зокрема під час грози або сильних опадів, роботи слід припинити до усунення небезпеки, а працівники повинні переміститися в безпечну зону.

Керівники польових робіт відповідають за контроль дотримання правил техніки безпеки, своєчасне усунення виявлених порушень та припинення робіт у випадках, коли існує загроза життю чи здоров'ю працівників. Усі дії, пов'язані з проведенням вимірювань і встановленням меж пробної площі, мають виконуватися з урахуванням ризиків, притаманних роботі в лісових умовах, а будь-які інциденти або небезпечні ситуації необхідно фіксувати та повідомляти відповідальним особам.

ВИСНОВКИ

1. Деревостан сосни звичайної природного походження у вологому грабово-дубово-сосновому сугруді площею 6,4 га в кв. 54, вид. 13 Сокиричівського лісництва має склад 10Сз, росте за II бонітетом, у віці 110 років має середню висоту 25,8 м, середній діаметр – 31,2 см, повноту – 0,58, запас на 1 га – 319 м³.

2. Довжина очищеного від мертвих сучків стовбура у дерев становить в середньому 11,1 м, висота підняття грубої кори 6,5 м. У 85% дерев насадження спостерігається добре заростання очищених від мертвих сучків місць.

3. Деревостан характеризується хорошим приростом у висоту. Більшість кращих дерев мають конусоподібну форму крони. Кращі з нормальних дерев мають переважно середню крону, мінусові – рідку. Більша частина дерев володіють тонкими і середніми гілками. Частина кращих дерев мають також товсті гілки. Довжина живої крони у дерев коливається від 3 до 15 м при середньому значенні 8,1 м. Дерева без вад складають 75%.

4. Висока варіативність морфологічних показників дерев, таких як довжина очищеного стовбура, довжина та діаметр проекції крони, висота підняття грубої кори, свідчить про формове різноманіття сосни звичайної в досліджуваному деревостані та про високий потенціал ведення плюсової селекції на місцевому генетичному матеріалі сосни звичайної.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева В. В., Войтюк В. П., Кичилук О. В., Гетьманчук А. І., Терещук А. М. Лісівничо-селекційна оцінка насаджень сосни Черемського природного заповідника. Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. праць. Луцьк : СНУ імені Лесі Українки, 2019. №16. С. 176–184.
2. Білоус В. І. Лісова селекція. Умань, 2003. 534 с.
3. Войтюк В. П., Лісовська Т. П., Андреева В. В. Лісівничо-селекційна характеристика генетичних резерватів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) Шацького національного природного парку. Науковий вісник Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. 2007. №11 (Ч. II). С. 156–162.
4. Войтюк В., Андреева В., Кичилук О., Гетьманчук А. Лісівничо-селекційна оцінка насаджень сосни звичайної Національного природного парку «Прип'ять-Стохід». Науковий вісник СНУ ім. Лесі Українки. Біологічні науки. Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2015. № 2. С. 5–11.
5. Волошинова Н. О., Юркевич О. О. Плюсові дерева сосни звичайної на Рівненщині. Лісівництво і агролісомеліорація. Харків: Майдан, 2002. Вип. 101. С. 67–69.
6. Дебринюк Ю. М., Белеля С.О. Формова різноманітність і життєвий стан модрина у насадженнях Західного Полісся. Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2016. Вип. 14. С. 117–125.
7. Заїка В. К., Каленюк Ю. С. Ріст і формування дубових деревостанів за участю липи дрібнолистої в умовах свіжої грабової діброви Західного Поділля. Наукові праці Лісівничої академії наук України, 2018, вип. 17. С. 37–45.
8. Закон України Про охорону праці. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12/print>

9. Криницький Г. Т. Морфофізіологічні основи селекції деревних рослин: автореф. дис.... д-ра біол. наук: 06.03.01/ Укр. держ. ун-т. К., 1993. 46 с.
10. Лісовий М. М. Особливості поліморфізму, використання в озелененні та щеплення декоративних форм *Pinus Sylvestris* L. Науковий вісник НЛТУ України. 2013. Вип. 23.18. С. 17–22.
11. Лось С. А. Стан лісових генетичних ресурсів в Україні. Монографія / [С. А. Лось, Ю. І. Гайда, Р. М. Яцик, В. П. Войтюк та ін.]. Матеріали, підготовлені на запит ФАО, для складання Звіту про стан світових генетичних ресурсів. Харків : ПЛАНЕТА-ПРИНТ, 2014. 138 с.
12. Мажула О. С., Дишко В. А. Популяційні дослідження сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в Україні як основа селекції та насінництва, збереження й відтворення її генетичного поліморфізму. *Лісовий журнал*. 2011. № 2. С. 32–35.
13. Мольченко Л. Л., Войтюк В. П., Масленникова Н. И., Плотников П. И. Селекционное семеноводство на Волыни и в Карпатах. Развитие генетики и селекции в лесохозяйственном производстве. М., 1988. С. 172–173.
14. Наказ Міністерства економіки України № 17953 від 27.11.2023 Про затвердження Мінімальних вимог щодо безпеки і здоров'я на роботі працівників лісового господарства та під час виконання робіт із зеленими насадженнями. (З змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства економіки [№ 19725 від 19.12.2023](#)). Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z2167-23?utm_source=chatgpt.com#Text
15. Пастернак П. С., Молотков П. И., Патлай И. Н. и др. Справочник лесовода / Под ред. П. С. Пастернака. К.: Урожай, 1990. 296 с.
16. План лісоуправління по філії «Ківерцівське лісове господарство» ДП «Ліси України» на 2023 р. м. Ківерці. 2023. 44 с.
17. Про затвердження Правил охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості / [Електронний ресурс] / Джерело: сайт Верховної Ради України / Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1084-05>

18. Про затвердження Правил охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості / [Електронний ресурс] / Джерело: сайт Верховної Ради України / Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1084-05>
19. Свинчук В. А., Кашпор С. М., МIRONЮК В. В. Біометрія: конспект лекцій. К.: НУБіП України, 2017. 96 с.
20. Терещенко Л. І. Внутрішньовидова мінливість та успадкування ознак плюсових дерев сосни звичайної у Харківській області: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.03.01. Харків, 2006. 20 с.
21. Фесюк. В.О., Пугач. С.О., Слащук. А.М. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: кол. моногр. Київ: ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2016. 316 с.
22. Шевчук М. Й., Войтюк В. П., Андреева В. В., Кичилук О. В., Лісовська Т. П. Лісівничо-селекційна оцінка генетичних резерватів сосни звичайної ДП „Володимир-Волинське лісомисливське господарство”. Природа Західного Полісся та прилеглих територій : зб. наук. пр. / за заг. ред. Ф. В. Зузука. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки. 2012. №9. С. 167–172.
23. Шлончак Г. А., Шлончак Г. В. Ефективність використання клонових плантацій сосни звичайної для потреб лісовідтворення. Лісівництво і агролісомеліорація. Харків: УкрНДІЛГА, 2009. Вип. 115. С. 65–70.
24. Юркевич О. О., Волошинова Н. О., Войтюк В. П. Дослідження генетичних резерватів і плюсових насаджень сосни звичайної в Західному та Малому Поліссі Проблеми Західного Полісся. Науковий вісник Надслучанського інституту: Збірник наукових праць. Березне: НСІ, 2007. Випуск 1. С. 35–39.
25. Яцик Р. М., Гайда Ю. І., Случик В. М. Основи генетики й селекції лісових дерев. Тернопіль: Підручники й посібники, 2012. 288 с.
26. Яцик Р. М., Гайда Ю. І., Случик В. М. Основи генетики й селекції деревних рослин. Тернопіль : Підручники і посібники, 2012. 288 с.

27. Яцик Р. М., Дейнека А. М., Парпан В. І. та ін. Лісові генетичні ресурси та селекційно-насінницькі об'єкти Львівщини. Івано-Франківськ: Видавничо-дизайнерський відділ ЦІТ, 2006. 312 с.
28. Douglas G. Summary reports on papers and posters presented at the Seed Orchard Conference, Umea Sept 26-28, 2007 for publication / distribution by Treebreedex. 18 p.
29. Gil-Muñoz F., et al. Implications of Breeding for Growth on Drought Tolerance in Scots Pine. *Evolutionary Applications*, 2025. P. 1–20.
30. Hejtmánek J., Stejskal J., Provazník D., Čepel J. Understanding the role of ecotypic factors in the early growth of *Pinus sylvestris* L. *Journal of Forest Science*, 2023. P. 539–549.
31. Jonathan W. Wright. *Introduction to Forest Genetics*. Elsevier. 2012. 479 p.
32. Kastally C., et al. Taming the massive genome of Scots pine with PiSy50k, a new genotyping array for conifer research. *The Plant Journal*, 2022. P. 1337–1350.
33. Krekova Y., Chebotko N.K., Kagan D., Kabanov A.N. (2023). The growth rate and genetic variability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) half-sibs in test crops of Northern Kazakhstan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2023. P. 1–19.
34. Lacina Martin. *Studium geneticky podmíněné variability produkčních znaků v časných testech náhorního ekotypu borovice lesní*. Česká zemědělská univerzita Praha. 2021. 95 P.
35. Moosavi S.J., et al. (2022). Genetic diversity and fine-scale spatial genetic structure of Chilgoza in Afghanistan using microsatellite markers. *PLOS ONE*, 2022. P. 263–368.
36. Niskanen A.K., et al.. Does the seed fall far from the tree? Weak fine-scale spatial genetic structure in Scots pine. *Peer Community Journal*, 2024. P. 1–20.
37. Voitiuk Vasyl, Andreieva Valentyna, Kychyliuk Oleksandr, Anatolii Hetmanchuk, Marcin Klisz, Vasyl Mohytych. Application of growth traits and qualitative indices for selection of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) elite trees. A

case study from Volyn region, western Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 2020, Vol. 62 (3), p. 199–209. DOI: 10.2478/ffp-2020-0019.

38. Żukowska W.B., Wójkiewicz B., Lewandowski A., Wachowiak W. Genetic variation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Eurasia: impact of postglacial recolonization and human-mediated gene transfer. *Annals of Forest Science*, 2023. P. 1–19.