

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

Кафедра лісового та садово-паркового господарства

На правах рукопису

АНТОНЮК РОМАН ВАСИЛЬОВИЧ

**ТАКСАЦІЙНО-СЕЛЕКЦІЙНА ОЦІНКА АРХІВНО-МАТОЧНОЇ ПЛАНТАЦІЇ
КОВЕЛЬСЬКОГО ЛІСНИЦТВА 1984 Р. СТВОРЕННЯ**

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Освітньо-професійна програма «Лісове господарство»

Робота на здобуття освітнього рівня «Магістр»

Науковий керівник :
ВОЙТЮК ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № 5 від 20.11.2025р.

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

Завідувач кафедри

доц. В.В. Андреева 

ЛУЦЬК – 2025

Антонюк Р. В. Таксаційно-селекційна оцінка архівно-маточної плантації Ковельського лісництва 1984 р. створення. Луцьк, 2025. 61 с.

Анотація

Архівно-маточні плантації, або архіви клонів, мають виняткове значення для збереження та вивчення цінних генетичних ресурсів деревних порід. Вони створюються шляхом вегетативного розмноження плюсових дерев, що дозволяє зберегти їх спадкові особливості та забезпечує можливість багаторічного моніторингу ростових і адаптивних властивостей. Такі об'єкти виступають основою для селекційної роботи, оскільки забезпечують постійний доступ до перспективного вихідного матеріалу для створення високопродуктивних лісонасінневих плантацій.

У першому розділі розглянули перспективність підвищення продуктивності лісів шляхом розвитку лісової селекції, а також сучасні наукові селекційні дослідження європейських вчених.

В другому розділі здійснили короткий опис матеріалів та методів дослідження.

Виведення із загальної кількості клонів на плантації перспективних порід ряду показників описано в третьому розділі.

В четвертому розділі описано економічну ефективність створення майбутніх ділянок за допомогою клонового садивного матеріалу.

П'ятий розділ містить в собі техніку безпеки при зборі живців і створенні клонових плантацій.

Висновки за результатами роботи наведені перед списком використаної літератури. Магістерська робота виконана на 60 сторінках друкованого тексту, містить 12 таблиць і 4 рисунки.

Ключові слова: архівно-маточна плантація, клон, показник швидкості росту, комплексна оцінка.

Antoniuk R. V. Taxation and selection assessment of clone archive of the Kovel forestry 1984 y. of creation. 2025. 61 p.

Annotation

Archival-mother plantations, or clone archives, are of exceptional importance for the preservation and study of valuable genetic resources of tree species. They are created by vegetative propagation of plus trees, which allows preserving their hereditary characteristics and provides the possibility of long-term monitoring of growth and adaptive properties. Such objects serve as the basis for breeding work, as they provide constant access to promising source material for the creation of highly productive forest seed plantations.

The first section examined the prospects for increasing forest productivity through the development of forest selection, as well as modern scientific selection research by European scientists.

The second section provided a brief description of the materials and research methods.

The third section describes the extraction of promising clones from the total number of plantations in a number of indicators.

The fourth section describes the economic efficiency of creating future plots using clonal planting material.

The fifth section contains safety precautions when collecting cuttings and creating clonal plantations.

Conclusions based on the results of the work are given before the list of used literature. The master's thesis is completed on 60 pages of printed text, contains 12 tables and 4 illustrations.

Key words: clone archives, clone, growth index, complex assessment.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. Огляд літературних джерел	7
Розділ 2. Матеріали та методи дослідження	37
2.1. Природно-кліматичні умови регіону дослідження	37
2.2. Об'єкт і методика досліджень	37
Розділ 3. Результати дослідження та їх обговорення	40
Розділ 4. Економічна оцінка	51
Розділ 5. Охорона праці	53
Висновки	55
Список використаних джерел	56

ВСТУП

Архівно-маточні плантації, або архіви клонів, мають виняткове значення для збереження та вивчення цінних генетичних ресурсів деревних порід. Вони створюються шляхом вегетативного розмноження плюсових дерев, що дозволяє зберегти їх спадкові особливості та забезпечує можливість багаторічного моніторингу ростових і адаптивних властивостей. Такі об'єкти виступають основою для селекційної роботи, оскільки забезпечують постійний доступ до перспективного вихідного матеріалу для створення високопродуктивних лісонасінневих плантацій.

Актуальність досліджень архівно-маточних плантацій обумовлена зростаючою потребою у формуванні стійких і продуктивних лісових насаджень у зв'язку з кліматичними змінами, підвищенням антропогенного навантаження та поширенням шкідників і хвороб. Дослідження морфологічних, фізіолого-біохімічних та анатомічних характеристик клонів дає змогу визначати їхню життєздатність, стабільність ознак і потенціал адаптації до різних умов вирощування.

Крім практичного значення для лісовідновлення, архіви клонів мають стратегічну наукову цінність, адже слугують довготривалим сховищем генетичного різноманіття. Збереження такого різноманіття є передумовою для гнучкого реагування лісового господарства на виклики майбутнього, забезпечення сталого використання лісових ресурсів і підвищення біологічної безпеки регіонів.

Таким чином, вивчення архівно-маточних плантацій є одним із ключових напрямів сучасних генетико-селекційних досліджень, що має важливе значення як для фундаментальної науки, так і для прикладних завдань лісівництва.

Мета магістерської роботи – дати генетико-селекційну оцінку вегетативного потомства ряду плюсових дерев сосни звичайної Колківської ценопопуляції.

Об'єктом дослідження є ростові показники 41-річних клонів сосни звичайної на архівно-маточній плантації.

Предметом дослідження є таксаційно-селекційні показники клонів сосни звичайної.

Основні завдання: 1. Встановити таксаційно-селекційні показники клонів сосни звичайної на архівно-маточній плантації у віці 41 рік. 2. Відібрати кандидати в сорти-клони сосни звичайної.

Наукова новизна: Вперше в умовах Волинського Полісся отримано середньострокову оцінку плюсових дерев сосни звичайної у вегетативному потомстві з використанням різних методик. Досліджено мінливість ростових показників вегетативного потомства плюсових дерев за середньостроковою оцінкою. Відібрано кандидати в сорти-клони за середньостроковою оцінкою вегетативних потомств.

Методи дослідження: біометричні – для визначення особливостей росту дерев; методи варіаційної статистики – для обробки даних вимірів.

Практичне значення: Результати магістерської роботи можуть бути використані для покращення лісонасінневої бази сосни звичайної на Волині.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Лісові екосистеми характеризуються високим рівнем структурного, видового та генетичного різноманіття, що забезпечує їхню стійкість і здатність до саморегуляції. Генетичне різноманіття деревних популяцій, тобто варіація генотипів у межах насадження, визначає потенціал адаптації лісів до змінних абіотичних і біотичних факторів середовища через дію таких еволюційних процесів, як міграція, генний потік і природний добір. У процесі відбору перевагу отримують генотипи, найкраще пристосовані до конкретних екологічних умов, що сприяє формуванню стабільних і продуктивних популяцій.

Для забезпечення стійкого функціонування лісів у майбутньому необхідно підтримувати високий рівень генетичного різноманіття, зберігати наявний генофонд і цілеспрямовано підвищувати генетичний потенціал у регіонах, де він обмежений. Збереження генетичних ресурсів має першочергове значення як з екологічної, так і з економічної точки зору. З екологічного аспекту генетичне різноманіття є базою адаптивної здатності лісових екосистем до просторово-часових коливань довкілля та слугує основою для підтримання видового й екосистемного різноманіття. З економічного – воно забезпечує сталість продуктивності лісів і можливість отримання цінної деревної сировини та інших екосистемних послуг, що мають важливе соціально-економічне значення нині й у перспективі. В Німеччині насіння лісових видів все частіше отримують з насінневих плантацій. Термін «кваліфікований» відображає особливу важливість насінневих плантацій. Однак термін «насіннева плантація» може приховувати зовсім інші якості. Оцінка культурної цінності насіння плантації значною мірою залежить від типу насінневої плантації.

Насінневі плантації з щепленням, живцюванням та розсадою. Ці терміни описують лише технічні аспекти саду та нічого не говорять про генетичну якість.

Для прищеплених садів гілки отримували з відібраних плюсових дерев та щеплювали («прищеплювали») на молоду рослину того ж виду або роду. Щепи складаються з двох генетично різних частин: підщепи з коренем та щепи, яка несе бажану генетичну інформацію відібраного плюсового дерева та передає її своєму потомству. Плюсове дерево зазвичай представлено кількома прищепами на плантації. Щепа значною мірою зберігає свої фізіологічні характеристики, тобто залишається старою і тому цвіте відносно рано. Несумісність між прищепою та підщепою може бути проблемою, що може призвести до невдач навіть у похилому віці.

Стеблові живці – це вегетативно розмножені (клоновані) особини. Для наших основних видів дерев цей метод зазвичай працює, якщо взагалі працює, лише з молодими рослинами. Якщо стеблові живці мають особливо хороші характеристики, створення насінневої плантації є гарним варіантом.

Тут також окремі клони можуть зустрічатися в кількох повторностях на плантації. Живцеві плантації відносно рідкісні, але мають переваги над щепленими плантаціями, оскільки немає несумісності, і жодні підщепи не можуть прорости.

За наявності генетично високоякісного насіння, насінневу плантацію також можна створити з саджанців. Як правило, на плантації представлено кілька нащадків від кількох материнських дерев. Такі нащадки є напів- або повними братами та сестрами, але не генетично ідентичними. Розсадні плантації також рідкісні.

Насінневі плантації для збереження служать для більш-менш репрезентативного збереження видів, що знаходяться під загрозою зникнення (наприклад, тиса, дикорослих плодових), або особливих популяцій у межах виду дерев (наприклад, високогірної ялини Гарца). Через репрезентативний характер обліку насінневу плантацію не можна вважати генетично покращеною порівняно з іншими популяціями. Тим не менш, якість насіння може бути покращена порівняно з іншими популяціями завдяки сприятливим умовам плантації та покращеному контакту спарювання. Також можливе схвалення як

розсадного матеріалу в категорії «кваліфікований», оскільки окремі дерева також відбираються на основі індивідуальної оцінки (наприклад, особлива морфологія або близькість до дикої форми).

Насінневі плантації плюсових дерев. Тут до плантацій включені фенотипово відмінні окремі дерева, що означає, що селекційний відбір вже відбувся. В результаті можна очікувати, що розсадний матеріал буде покращеної якості порівняно з вихідними запасами. Це типова ситуація для схвалена як «кваліфікований розсадний матеріал». Більшість насінневих плантацій Німеччини належать до цього типу плантації.

Високорослі насінневі плантації (HZSP) – сюди входять лише плюсові дерева, потомство яких успішно пройшло випробування культивування.

Потомство окремих плюсових дерев тестується, і в насінневій плантації залишаються лише батьківські дерева найкращого потомства. Після відбору плюсових дерев, відбір у межах цих плюсових дерев на основі придатності їхнього потомства для вирощування є другим кроком селекції.

На основі першого відбору плюсових дерев такі плантації вже матимуть право на затвердження в категорії «кваліфіковані». Згідно з FoVG, затвердження в категорії «випробувані» було б навіть можливим, оскільки навіть на основі тестування окремих компонентів, вихідний матеріал в цілому має право на затвердження в категорії «випробувані». Очікується, що насіння з високоякісних насінневих плантацій дасть особливо високоврожайне потомство.

Перевірені насінневі плантації пройшли випробування, в якому потомство плантації було протестовано у випробуваннях культивування та виявилось кращим (зазвичай порівняно з потомством зі стандартного насіння). Після цього їх можна було віднести до категорії «Перевірені».

Хоча раніше вимагалися випробування, в яких репрезентативне потомство тестувалося в цілому, сьогодні окремі компоненти також можна тестувати окремо, наприклад, потомство від окремих клонів. За результатами

випробування окремих компонентів можна розрахувати придатність саду в цілому і, таким чином, його право на віднесення до категорії «Перевірені».

В принципі, всі вищезгадані типи плантацій можуть належати до цієї категорії. Розсадний матеріал категорії «Випробуваний» має найвищу якість і тому його слід використовувати переважно. Це особливо стосується насінневих садів, де під час створення були відібрані особливо хороші фенотипічні особини, генетична перевага яких зрештою була підтверджена під час випробувань.

Райони вирощування сосни звичайної. Випробування районів походження з сосною неодноразово демонстрували перевагу східно-пруських сосен за формою та стійкістю до опадів, а також за хорошими показниками росту.

Якість сосен знижується зі сходу на захід; тому рекомендації щодо походження не рекомендують західні насадження для вирощування далі на схід. У прибережному регіоні Північного моря перелічені найкращі насадження виявилися особливо успішними. У гірських районах, окрім східно-пруських сосен, успішно виявилися деякі південнонімецькі популяції (Зельб, Баварський ліс, Чорний ліс). Якщо сосну взагалі культивують у гірських районах на висоті понад 400 м, насінневі плантації, створені з такого матеріалу, можна використовувати на додаток до східнопруської сосни [21].

Важливість створення лісових насаджень. Вибір походження визначає спадкові характеристики майбутнього насадження та – у випадку майбутнього природного відновлення – наступних поколінь. Генетичний потенціал має вирішальне значення для адаптивності, здоров'я, темпів росту та цінності насаджень. Таким чином, він визначає як екологічну стабільність, так і економічні показники лісів.

Через тривалий період між створенням насадження та вирубкою лісів значення генетичної схильності часто важко розпізнати, тому цьому аспекту часто не приділялося достатньої уваги в минулому.

Завдяки роботі з селекції лісових рослин та дослідженням походження, зараз для багатьох видів дерев відомо, який матеріал для розмноження є особливо придатним. Ці висновки необхідно послідовно впроваджувати на практиці. Неправильні рішення, чи то через незнання, чи то через помилкове почуття економії, можуть у довгостроковій перспективі призвести до великих втрат, незадовільного росту, поганої якості деревини, низької очікуваної цінності, високої сприйнятливості до шкідників та кліматичних впливів, а також, можливо, до збільшення витрат на утримання. Негативні наслідки часто стають очевидними лише через багато років.

На практиці вони загалом сприймаються як природні, хоча причина дуже часто полягає у неправильному виборі походження.

Закон про захист лісів у Німеччині (FoVG) не визначає, де яке походження слід використовувати. Він лише регулює виробництво, маркетинг, імпорту та експорту розсадного матеріалу для видів дерев, перелічених у законі. Розсадний матеріал, імпортований до Німеччини з країн ЄС видів дерев, перелічених у FoVG, може вільно розповсюджуватися в рамках законодавчих положень. Розсадний матеріал з країн, що не входять до ЄС, може бути імпортований лише за спеціальних умов [21].

У Туреччині сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є однією з найважливіших лісових деревних порід через цінні властивості деревини в різних комерційних секторах, а також для виробництва біомаси. Насадження цього виду займають приблизно 1239578 га, а також 523935 га з них класифіковані як непродуктивні [20]. Таким чином, приблизно 42% площі соснових лісів є непродуктивними.

Ці непродуктивні території були оцінені як потенційні області для відновлювальних практик, щоб зменшити дефіцит деревини в Туреччині. Звичайно, велика кількість та висока якість репродуктивного матеріалу необхідні для збереження існуючого запасу лісів сосни звичайної, навіть для продовження зростаючої тенденції шляхом відновлення деградованих територій [32]. Наразі в Туреччині є 21 насіннева плантація сосни звичайної на

109 га, лише 9,2% річної потреби плантацій у насінні покривається плантаціями на початку тисячоліття. Згідно з деякими прогнозами, потреба в насінні сосни звичайної становить 715 кг на рік. Лише певна кількість цього попиту на насіння була задоволена з насінневих плантацій Туреччини. Але більшість цих насінневих плантацій ще досить молоді [17]. Нові плантації були створені для задоволення потреб у покращеному насінні для лісорозведення згідно з національною програмою насінництва та селекції дерев Туреччини [16]. Насінневі плантації мають потенціал збільшити виробництво лісів та забезпечити надійне постачання насіння, їхня роль та функція нещодавно були визначені. Вони є найважливішими джерелами селекційних програм у лісівництві та можуть бути корисними для збереження генів. Інвестиції в насінневі плантації часто є найефективнішим способом збільшення майбутнього виробництва лісів. З цієї причини бажано покращити функцію насінневих плантацій. Існують занепокоєння щодо генетичного різноманіття культур насінневих плантацій та його впливу на майбутній ліс. Низьке виробництво якісного насіння є поширеною проблемою [34]. Виробництво та збір насіння часто є дорогим.

У шведських насінневих плантаціях відсоток наповненого насіння становить 88% та 73% у верхній та нижній частинах щеплень відповідно. Також вага наповненого насіння коливалася від 6,4 до 6,6 мг. У дослідженні Sivacioglu A. (2010) [36] відсоток наповненого насіння серед клонів коливався від 21,9 до 66,1%. А також вага наповненого насіння коливалася від 8,6 до 13,2 мг. У цьому випадку насіння саду, здається, приблизно вдвічі важче, ніж у досліджуваному саду Туреччини.

Висока варіабельність досліджуваної насінневої плантації як між клонами, так і між раметами (щепленнями) вказує на високу селекційну здатність у програмах селекції сосни звичайної. Також високі значення успадкованості для деяких досліджуваних ознак показують високу інтенсивність селекції. Більша варіація всередині клонів, ніж між клонами,

підтверджує, що генотипи реагують на неоднорідність площі вирощування в насіннєвому саду.

Тому необхідно звертати увагу на ці ознаки при догляді за існуючими садами або при створенні нових насіннєвих садів. Водночас, дані періодичних та порівняльних експериментів в одному саду підтвердять перспективи селекції цього виду, а ці результати слугуватимуть зразком для аналогічних оцінок в інших видах [36].

Згідно з даними чеських науковців, у контексті зміни клімату традиційні прогнози генетичного приросту стають ненадійними. Стратегії селекції дерев повинні швидко адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища, стаючи саморегульованими. Селекція з використанням методу «рухомого фронту» (Rolling Front Landscape Breeding) це нова концепція, що походить від попереднього підходу «Селекція без селекції», замінює традиційні цикли селекції безперервною оцінкою та відбором. Метод включає генетичну оцінку в лісових насадженнях послідовного віку та широких екологічних градієнтах, що посилює адаптивну реакцію. На відміну від традиційних методів, у селекції з використанням методу «рухомого фронту» немає чітких циклів селекції, що дозволяє насіннєвим садам залишатися необмежено довго в заданому місці. Цьому сприяє поділ саду на два яруси: резервуарний та основний. Генотипи вищого рангу з популяції-кандидата прищеплюються в резервуар, доки вони не досягнуть репродуктивного віку, після чого вони можуть увійти до основної підмножини. У міру того, як нові насадження поступово досягають віку селекції та проходять періодичну генетичну оцінку, нові генотипи стають доступними в популяції-кандидаті. Це дозволяє періодично переміщувати кандидатів у сад і можливе видалення тих, хто стає генетично неповноцінним або репродуктивно неактивним [30].

Традиційна програма селекції дерев в США зазвичай починалася зі збору фенотипічно вищих батьківських дерев та їх щеплення до генних банків, і на початку вони служили насіннєвими садами (необробленими). Після тестування потомства, насіннєві плантації можуть бути обрізані, щоб включати лише

батьківські дерева з високою генетичною цінністю для більшого генетичного приросту. Ця традиційна операція з насінневими плантаціями була дуже ефективною для лісовідновлення на півдні США та принесла значний генетичний приріст у програмі селекції сосни ладанної протягом понад 60 років. Дерев з насінневих плантацій 1-го покоління дали на 7-12% більше об'єму при зборі врожаю, ніж дерева з дикого насіння, тоді як дерева з плантацій 2-го покоління дали на 21% більше об'єму обороту порівняно з необробленими деревами. Коли насінневі плантації 2-го покоління обрізаються на основі тестування потомства, генетичний приріст можна ще більше збільшити до 30%. Насінневі плантації 3-го циклу оцінюються приблизно на 15% у порівнянні з насінневими садами 2-го покоління. Крім того, ці насінневі плантації використовуються для оперативного контрольованого масового запилення з високоцінними генетичними батьками, що може ще більше збільшити генетичний приріст (до 60%) шляхом збільшення інтенсивності відбору, захоплення неадитивної генетичної варіації та усунення забруднення пилюком.

З появою нових циклів генетичних матеріалів, ці традиційні насінневі плантації тепер служать селекційними садами з верхівковим щепленням, наприклад, щойно відібрані молоді дерева з тестів потомства з найкращими генетичними цінностями безпосередньо щеплюються на верхівку існуючих та зрілих насінневих дерев для раннього цвітіння. Цей підхід був успішно використаний у селекції сосни ладанної і значно скоротив цикл розмноження. З розвитком 4-го циклу розмноження, цей метод верхівкового щеплення використовується для початку 5-го циклу розмноження. Завдяки нещодавно розробленій геномній стратегії розмноження, молоді матеріали з геномної селекції будуть щеплені на зрілі насінневі дерева для подальшого скорочення циклів розмноження [29].

У Бельгії до 2030 року регіональному уряду Фландрії необхідно створити додаткові 10 000 гектарів лісів. Через повільні темпи природного відновлення лісів у нелісистих районах потрібна значна кількість посадкового матеріалу.

Цей високий попит на лісовий репродуктивний матеріал (ЛРМ) призвів до дефіциту існуючих поставок. ЛРМ стосується насіння, рослин та частин рослин, які використовуються для посадки нових лісів та інших видів посадки дерев. ЛРМ збирають із зареєстрованих материнських дерев (тобто базового матеріалу) для забезпечення простежуваності. Сертифікація ЛРМ гарантує його походження та якість. Щоб вирішити проблему дефіциту, Науково-дослідний інститут природи та лісу (INBO) співпрацював з Фламандським агентством природи та лісів (ANB), яке володіє більшістю насінневих садів та сектором розсадників дерев, а також здійснює заготівлю та комерціалізацію. Було прийнято рішення проблеми дефіциту ЛРМ за допомогою трьох підходів. По-перше, проаналізовано існуючі насінневі плантації, щоб виявити фактори, що спричиняють зниження виробництва насіння. По-друге, розмноження матеріалу, використовуючи різні методи для розширення або омолодження державних насінневих садів. Нарешті, розмножений матеріал з державних насінневих плантацій надається для створення приватних насінневих плантацій. Протягом проекту було виявлено численні недоліки в існуючих насінневих плантаціях, такі як доступність світла та методи обрізки; було визначено різні недоліки та області для покращення в існуючих насінневих плантаціях, такі як доступність світла, методи обрізки або хвороби. На щастя, багато недоліків є тимчасовими та їх можна пом'якшити, коригуючи методи управління. Матеріал, який використовується для розширення та будівництва насінневих плантацій, як приватних, так і державних, розмножується клонально, що забезпечує однорідну якість. Різні методи розмноження, включаючи живці м'яких та листяних порід, щеплення та підщепи, використовувалися з різним ступенем успішності. Тим не менш, протягом першого року проекту було досягнуто значного прогресу в розмноженні матеріалу [38].

Саксонія, одна з 16 німецьких федеральних провінцій, розташована на південному сході Німеччини. Вона охоплює відносно різні регіони вирощування на досить невеликій території. Три найважливіші регіони стосуються низьких гірських хребтів (наприклад, Рудних гір) уздовж

південного кордону з Чехією (середньородючі та прохолодніші, кількість опадів $p \ 550 \leq 830$ мм), родючих горбистих лесових районів у перехідній зоні та плейстоценових низовин у басейнах з родючими ґрунтами (суглинки, мули) або з бідними піщаними ґрунтами в більш континентальному кліматі з $p \approx 500$ мм. Таким чином, Саксонське державне лісове підприємство (SBS) відповідає за стаке лісове господарство у великій різноманітності різних типів лісів у саксонських державних лісах (205 370 га, = 39,5% від загальної площі саксонських лісових угідь. Однак, після останніх 30 років активної екологічної реструктуризації лісів, ялина звичайна (*Picea abies*) та сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) залишаються основними видами. Це є наслідком приблизно 200 років антропогенних змін у видовому складі в бік ефективного постачання деревини для задоволення потреб у деревині гірничодобувної промисловості, будівництва та целюлозно-паперової галузі. Сьогодні різкі втрати цих хвойних деревних насаджень спричинені все ще триваючими кліматичними змінами з частішими посухами та штормами, за якими слідує драматичні лиха, спричинені короїдами.

Створення кліматично стійких (тобто генетично різноманітних) насаджень, що містять не лише місцеві види або походження, призводить до зростання попиту на лісовий репродуктивний матеріал, який не може бути задоволений лише затвердженими насіннєвими насадженнями в майбутньому. Оскільки немає відповідних приватних операцій у створенні джерел лісового насіння (відповідно до федерального закону про лісовий репродуктивний матеріал FoVG), SBS бере на себе відповідальність за всі саксонські ліси, впроваджуючи 5-річну програму насіннєвих плантацій. Його метою є оцінка існуючих насіннєвих плантацій, визначення чітких операційних обов'язків за управління насіннєвими плантаціями, підтримка/доповнення існуючих плантацій для досягнення юридичного схвалення (FoVG), а також створення приблизно шести нових насіннєвих плантацій відповідно до певних пріоритетів видів [33].

Оперативна селекція для покращення лісових дерев практикується вже століття, і в лісах по всьому світу досягаються значні успіхи. Більшість програм з самого початку стикалися з трьома проблемами: необхідністю розробки кількох зон розмноження та впровадження, щоб врахувати взаємодію кліматично обумовленого генотипу з середовищем; проблемами з точністю відбору ознак, що проявляються на стадії зрілості, через помірну/низьку кореляцію між ювенільною та зрілою особинами; та ускладненням швидкого та масштабного розмноження покращених дерев за низьких витрат. Вегетативні методи розмноження були розроблені для багатьох видів, щоб вирішити проблему розмноження, але вони використовуються лише для кількох родів та окремих зон розмноження – головним чином через вищу вартість, порівняно з виробництвом розсади. Натомість, насінневі плантації з моменту початку селекційної роботи, були найважливішим засобом впровадження покращеної зародкової плазми для більшості видів. Успіх насінневих плантацій також пов'язаний з проблемами, зокрема недосконалої точності відбору, селекцію дерев (за деякими винятками) рідко можна практикувати на основі точного розгортання високопородних сортів. Таке генетично точне розгортання стає ще менш актуальним для видів дерев з тривалою ротацією в умовах частково непередбачуваних майбутніх змін клімату. Натомість, стійкість та стійкість, що сприяє генетичному різноманіттю, може стати метою селекції як такою, і тут розмноження насіння може бути перевагою.

Однак розмноження насінневих плантацій не обійшлося без проблем. Генеративне розмноження серед дерев у насінневій плантації за своєю природою є випадковим процесом, і результат з точки зору врожаю насіння варіюється залежно від низки факторів, які частково залежать від біології виду, але також залежать від розташування, генетичного складу, дизайну, умов росту, навколишніх лісів та щорічних коливань клімату в насінневій плантації. Фактори, які можуть призвести до значного відхилення насінневого врожаю від очікуваного генетичного складу та генетичної цінності, і тому їх загалом називають дисфункціями насінневих плантацій. Тут ми розглядаємо приклади,

коли варіації в репродуктивній фенології призвели до таких дисфункцій. Приклади включають проблеми з низьким відсотком гібридів в насінневих плантаціях, високий рівень самозапилення, підвищене забруднення пилом, а також менш помітний вплив на генетичне різноманіття та генетичну цінність [19].

У Південній Кореї насінневі плантації є основним інструментом для впровадження покращень, отриманих завдяки програмам селекції дерев, та забезпечення постійного постачання генетично покращеного насіння. Досягнення генетичного приросту та моніторинг генного різноманіття шляхом відбору та розмноження вивчалися з урахуванням таких факторів, як інтенсивність відбору; генетична цінність; спільне походження; варіації фертильності; та забруднення пилом.

Оптимальна мета насінневої плантації досягається, коли популяція плантації знаходиться в ідеалізованій ситуації, тобто панміксія, рівний внесок гамет від усіх батьківських генотипів, неспорідненість та відсутність забруднення пилом. Однак на практиці, через спорідненість між батьками, варіації у клональній фертильності та кількості рамет, а також міграцію генів ззовні, реалізований генетичний приріст та генне різноманіття відхиляються від очікуваних. У цьому дослідженні генетичну цінність плантаційних культур (генетичний приріст) можна збільшити шляхом селективного збору врожаю, генетичного проріджування обох. Статусний номер використовувався для моніторингу втрати генного різноманіття в процесі одомашнення лісових дерев, і розраховано, що він є досить високим у більшості насінневих садів. Плодючість батьків оцінювали на основі оцінки цвітіння або насінневого виробництва, що, як було показано, перебуває під сильним генетичним контролем. Варіації плодючості серед батьківських рослин у саду були загальною рисою та знижували прогнозовану генну різноманітність садової культури. Варіації плодючості серед батьків можна було описати коефіцієнтом сібсів (спорідненості). При розрахунку сібсового коефіцієнта можна було враховувати, окрім варіації плодючості, фенотипову кореляцію між

материнською та батьківською плодючістю, а також забруднення пилом. Номер статусу збільшували шляхом контролю батьківської плодючості, наприклад, рівний збір насіння, змішування насіння в рівних пропорціях та балансування батьківського внеску. Зрівнюючи жіночу плодючість серед надмірно представлених батьків, можна було досягти сприятливого компромісу між генною різноманітністю та насіннєвим виробництвом. Якщо номер статусу плантаційної культури недостатньо великий, у наступних поколіннях можуть виникнути втрата генної різноманітності, випадковий дрейф частоти генів та потенційні проблеми інбридингу. Генетичні втрати або ерозія не викликали занепокоєння під час одомашнення лісових дерев, оскільки велика кількість батьківських рослин зазвичай використовується в насіннєвих садах першого покоління. Розуміння репродуктивних процесів та моніторинг впливу методів управління є важливими для максимізації генетичного приросту та підтримки сталого генного різноманіття в програмах насіннєвих плантацій [27].

Досліджено вплив варіацій клональної фертильності на величину генетичного прогресу у насіннєвій плантації другого покоління *Pinus densiflora*, закладеній у 2014 році в провінції Чхунчхон (Республіка Корея). Експериментальні спостереження проводили протягом 2020–2023 рр. на 42 клональних генотипах, представлених 1300 раметами, з метою оцінки репродуктивних характеристик, визначення рівня генетичної мінливості та коефіцієнтів успадкованості. Аналіз дисперсії (ANOVA) та порівняння генетичних переваг, розрахованих на основі специфічної комбінаційної здатності (SCA) і скоригованих відповідно до показників фертильності, підтвердили наявність істотної генетичної варіабельності серед досліджених клонів.

Дослідження підкреслюють необхідність стратегічного управління клонами, включаючи повторний відбір на основі родючості та генетичних приростів, а також впровадження генетичного проріджування або селективного збору врожаю для підвищення якості та кількості виробництва шишок. Цей

підхід є ключовим для розвитку майбутніх поколінь садів, особливо при виборі клонів та проектуванні планування з урахуванням градієнта місцевості [25].

Досвід закладання насінневих плантацій на Тихоокеанському Північному Заході США бере початок із 1950-х років. Перші насінневі сади дугласії, створені шляхом щеплення, зазнали проблем пізньої несумісності прищеп, що зумовило перехід у 1970-х роках до формування насінневих насаджень на основі повносібсових саджанців, доки не були відібрані сумісні підщепи. Для інших хвойних порід явище несумісності щеплень не мало істотного значення. Насінневі плантації розміщували у різних екологічних умовах — від прибережних районів до високогірних ділянок. Найвищу продуктивність відзначено в помірних агрокліматичних зонах із короткочасними весняними посухами, зокрема в долині Вілламетт (Орегон) та подібних регіонах західного Вашингтону.

Технологія щеплення еволюціонувала від польового методу до тепличного, із використанням контейнерних підщеп. Перед висаджуванням щеплені підщепи витримують у теплицях протягом 8–12 місяців. Сучасні програми «лавкового» або «горщикового» щеплення забезпечують понад 95 % приживлюваності, рівномірне зростання в перший вегетаційний період і створення однорідних насінневих садів, водночас покращуючи умови праці персоналу порівняно з традиційним польовим щепленням.

Густота розміщення клонів варіює від 120 до 480 раметів на гектар, що дозволяє оптимально використовувати простір у перше десятиліття росту. Для клонів, отриманих від дерев із зрілими фенотипами з високогірних популяцій, густота може досягати 652 раметів на гектар. Окремі установи експериментують зі створенням насінневих живоплотів підвищеної щільності.

З метою підвищення стабільності врожайності шишок і насіння, а також контролю шкідників розроблено низку технологічних рішень, зокрема системи подвійного перекриття крон. Аналогічні підходи успішно застосовуються при закладанні насінневих садів західної тсуґи (*Tsuga heterophylla*), благородної

ялиці (*Abies procera*), західного червоного кедра (*Thuja plicata*), цукрової сосни (*Pinus lambertiana*) та сосни жовтої (*Pinus ponderosa*).

Однак зі зростанням середньорічних температур, частішанням екстремальних теплових періодів і посиленням літніх посух, спричинених зміною клімату, частина ділянок може втратити придатність для вирощування насінневих садів [18].

Чеськими дослідниками для сосни звичайної було проведено аналіз ДНК 13 модельних субпопуляцій з використанням 14 позитивно верифікованих ядерних мікросателітних маркерів. Дослідження також включало субпопуляції з екстремальних середовищ існування, а саме три субпопуляції, що ростуть на серпентині та одну популяцію з гірського ареалу поширення гірської сосни У підсумковій оцінці можна стверджувати, що всі популяції демонструють вищі значення генетичного різноманіття, що виражається середньою кількістю різних алелів (10,00–11,29) та через інформаційний індекс Шеннона (1,63–1,79). Частка спостережуваних гетерозигот у популяціях коливалася від 56 до 65%. Згідно зі значеннями F_{ST} , взаємні відмінності між субпопуляціями невеликі, але не незначні, що доводить структурованість популяцій сосни звичайної. Спостерігалася дуже низька залежність між генетичними та географічними відстанями, проте наближення трьох популяцій на дендрограмі. Пояснення низької генетичної та географічної кореляції може бути пов'язане з історичним розвитком, коли представництво соснових насаджень значно зросло з середини 19 століття завдяки новим насадженням, створеним з імпортованого насіння різного походження (значна частка також з-за кордону). Шляхом взаємної гібридизації та впливу місцевих кліматичних умов і господарських втручань поступово створювалися культурні сорти, деякі з яких також мали економічну цінність [31].

Класична селекція лісових рослин включає безперервні цикли відбору та контрольованого схрещування відібраних особин. Відбір здійснюється на основі прояву однієї або кількох цільових ознак. Ступінь контролю під час схрещування може варіюватися за інтенсивністю: при повному контролі існує

фіксована схема схрещування між окремими особинами; крім контрольованих схрещувань із сумішами пилку, часто використовується також виробництво насіння від вільного запилення. У насінневих плантаціях внесок пилку принаймні частково контролюється просторовою ізоляцією від інших насаджень того ж виду та розташуванням партнерів для спарювання в межах насінневої плантації. Під час виробництва насіння в попередньо відібраних лісових насадженнях (відібраний матеріал для розмноження, випробуваний матеріал для розмноження) контролюються лише материнські внески, але не склад пилку. Найширшим етапом селекції лісових рослин є відбір відповідних походження шляхом проведення випробувань потомств. Найбільший прогрес у селекції досягається шляхом культивування клонів або сумішей клонів.

Сосна звичайна – це вид дерев, який на сьогоднішній день найінтенсивніше селекційно вирощується в Німеччині. Це видно з великого обсягу перевіреного та кваліфікованого розмножувального матеріалу (> 70%), переважно з насінневих плантацій. Покращення форми на сьогоднішній день становить 30%, а зростання – 15%. Але навіть із сосною ми лише на початку систематичної програми селекції в Німеччині. Потенціал з точки зору росту та адаптації до клімату не був повністю використаний.

Для найважливішої породи дерев у Німеччині, як за площею, так і за щорічною заготівлею деревини – ялини – селекційна діяльність на сьогоднішній день була нижчою, ніж для сосни. Менше 21% лісового репродуктивного матеріалу для штучного відтворення в останні роки було класифіковано як «перевірений» та «кваліфікований» репродуктивний матеріал. Щодо цього виду дерев, ми також лише на початку систематичної програми селекції.

Варті уваги зусилля Нижньої Саксонії та Гессена до 1990-х років щодо просування вирощування елітних клонів. Хоча дугласія все ще має невелику площу, вона вважається однією з майбутніх видів дерев в умовах зміни клімату. Подібно до ялини, поточний запас покращеного репродуктивного матеріалу низький і становить менше 15%. Як і у випадку з ялиною, насінневих плантацій

все ще замало. Щодо багатоплодних листяних видів дерев у Німеччині (бук, дуб) майже вся попередня робота була зосереджена на відборі насінневих запасів та випробуваннях потомств.

Крім того, відбір дерев та створення насінневих плантацій на сьогоднішній день майже не проводилися і не є варіантом через тривалі періоди до досягнення репродуктивної здатності та величезні площі, необхідні для цього.

У Німеччині наявність високоякісного розмножувального матеріалу значно варіюється залежно від виду дерева (сосна >70%, дуб <5%). Розмножувальний матеріал для штучного відтворення надходить в основному із затверджених насаджень (відібраний розмножувальний матеріал) і тому мало покращений з точки зору селекції. У Німеччині існують лише рудиментарні, послідовні програми селекції. Найбільший прогрес на сьогодні – не в останню чергу завдяки інтенсивній селекції був досягнутий з сосною звичайною. Сучасні методи (біотехнологія, геномна селекція, соматичний ембріогенез) ще не використовувалися. Однак, є численні приклади успішних програм селекції за кордоном. Ефективна програма селекції зі значним покращенням цільових ознак включає відбір плюс-дерев, створення насінневих плантацій, тестування потомства, управління спорідненістю та генетичним різноманіттям, відбір плюс-дерев *in situ* з подальшим тестуванням потомства є швидшим тимчасовим рішенням (до використання насінневих плантацій) для забезпечення більш стійкого розмножувального матеріалу, наприклад, у ясена проти відмирання ясена. У Німеччині ефективні програми селекції, найімовірніше, будуть доцільними та доцільними для хвойних та швидкозростаючих листяних видів дерев, таких як тополя, береза, вільха, ясен, клен та липа, а також для немісцевих листяних видів дерев (наприклад, горіх, тюльпанове дерево).

Для бука та дуба більше перевіреного розмножувального матеріалу можна було б отримати шляхом систематичного тестування посівів насаджень. Важливі аспекти включають: тестування з саджанцями з кількох років одного насадження, єдині стандарти, тестування в кількох дуже різних умовах

навколишнього середовища, включаючи теплі та сухі райони за кордоном. У затверджених лісозаготівельних насадженнях пріоритетом лісового господарства має бути виробництво насіння. Кількість потенційних насінневих дерев не повинна обмежуватися заготівлею деревини або сильним проріджуванням. Контрольоване схрещування та тестування потомства потребують багато часу. Альтернативні підходи включають потомство від вільного запилення та реконструкцію партнерів для спарювання за допомогою аналізу походження. Час також можна заощадити у вже добре структурованих програмах селекції (наприклад, сосна звичайна) за допомогою геномної селекції.

У майбутньому слід звернути увагу на автоматизацію вимірювання фенотипів. Цілі селекції слід переглянути з урахуванням зміни клімату. У сфері фундаментальних досліджень необхідно продовжувати вивчати потенціал та ризику біотехнології [37].

В Німеччині за період 2005–2008 рр. створено 34 нові насінневі плантації загальною площею 51,3 га. Головні види: ялиця біла (*Abies alba*), європейська модрина (*Larix decidua*), липа дрібнолиста (*Tilia cordata*), черешня (*Prunus avium*), європейська ялиця, ялиця кавказька та ін. Створено 240 клонів, що зберігаються в архівах, серед яких ялиця біла, європейська смерека (*Picea abies*), чорна тополя (*Populus nigra*), європейська модрина, осика (*Populus tremula*). Загалом у 2005–2007 рр. заготовлено 2,6 млн кг насіння, найбільші обсяги припадають на дуб звичайний та скельний – понад 1,6 млн кг, бук лісовий (*Fagus sylvatica*) – 424,6 тис. кг, черешня (*Prunus avium*) – 82,6 тис. кг, дуб червоний (*Quercus robur*) – 268,8 тис. кг. Всього для господарсько-важливих деревних порід, що підпадають під дію закону FoVG, існує 1284 in-situ популяцій (5819,6 га), 3778 плюсових дерев, 24 ex-situ об'єкти (21,1 га); для рідкісних деревних і чагарникових порід – 883 in-situ популяції (2329,7 га), 4317 плюсових дерев, 166 in-situ популяцій чагарників (75,8 га). У сховищах закладено 82,5 т насіння (більшість – бук і дуб) та 21 зразок пилку (переважно види тополь). У період 2005–2008 рр. у Німеччині відбувалося масштабне

розширення селекційної бази: створення десятків насінневих плантацій, закладання сотень клонів у архівах, інтенсивна заготівля та консервація насіння, що забезпечило фундамент для стабільного постачання селекційно цінного садивного матеріалу й довготривалого збереження генетичної різноманітності лісів [23].

Також в Німеччині проводили випробування насінних потмств сосни звичайної. У 1975 році було створено експериментальну серію в шести різних місцях у східній частині Німеччини, яка охопила загалом 76 походження з Центральної та Східної Європи. Одинарні випробування являють собою повноцінні блокові схеми з 4 блоками. Спочатку було посаджено 100 дерев на ділянку з відстанню 2,0 x 0,5 м. Відібрані походження були представлені щонайменше 25 деревами. Ці дослідження були проведені на двох експериментальних ділянках у Нойштреліці та Вайсвассере з різними кліматичними, але схожими ґрунтовими умовами, коли насадженням було 20 років. На кожній ділянці вимірювали діаметр на відстані 1,3 м для 25 дерев на ділянку (75 дерев на провенанс) та фіксували висоту для 5 дерев на ділянку (15 дерев на провенанс) з діаметром, близьким до діаметра середньої площі дерева прикоренню. Крім того, було встановлено коефіцієнт виживання. Потомства не були проріджені. Багатовимірне обчислення даних ізозимів за допомогою аналізу головних компонентів може відображати багатолокусну схожість популяцій. Більшість потомств дуже схожі одне на одне, за винятком окремих популяцій. Слабка диференціація за географічним походженням популяцій була помітна за концентрацією найсхідніших походження. Таким чином, на багатолокусну структуру більше впливала структура насінневої партії, ніж умови навколишнього середовища на двох ділянках. Звичайно, генетична структура насінневого матеріалу змінювалася не лише залежно від регіону походження, але й перекривалася структурою випадково вибраних материнських дерев. Тим не менш, спостережувані відмінності в кількох окремих локусах між експериментальними ділянками, заснованими на ідентичних насінневих партіях.

Загальноприйнятим способом генетичної інвентаризації є збір матеріалу з початкових місць. Досі не було зроблено жодної спроби оцінити вплив умов місцевості у випадку використання матеріалу з випробувань за походженням. Представлені дані показують, що здається можливим використовувати випробування потомств для генетичних інвентаризацій, якщо збір матеріалу на початкових місцях неможливий. Але інтерпретація на рівні ефектів окремих локусів повинна бути обережною. Більш надійних результатів можна очікувати, якщо до досліджень включено більше одного місця випробувань походження.

Попередні дані вказують на те, що вибір походження для створення насадження є дуже важливим, незважаючи на очевидну пластичність вихідного рослинного матеріалу. Подальші дослідження з додатковими експериментальними ділянками у випробуванні походження нададуть дані про вплив ведення лісового господарства [24].

В Туреччині велика кількість репродуктивного матеріалу необхідна для збереження існуючого запасу лісу сосни звичайної, навіть для продовження тенденції зростання шляхом відновлення деградованих територій. Наразі в Туреччині є 21 насіннева плантація сосни звичайної на площі 114 га, лише 9,2% річної потреби в насінні для плантацій покривалося плантаціями на початку тисячоліття. Однак існують певні проблеми з виробництвом насіння на цих насінневих плантаціях. Незважаючи на те, що більшість сортів походять з фенотипово відібраних насінневих насаджень, насінневі плантації поступово стають дедалі важливішими. Високий та генетично покращений урожай насіння з насінневої плантації є невід'ємною частиною успіху програми селекції дерев.

Більше того, клонові насінневі плантації є одним з важливих джерел насіння для лісових плантацій. А також, ці джерела насіння становлять важливу ланку між селекцією дерев та плантаційним лісівництвом. За останні роки досягнуто значного прогресу в розумінні репродуктивної біології хвойних дерев у насінневих плантаціях. Відмінності в рості та інших ознаках у насінневих плантаціях впливатимуть на врожай насіння. Економіка насінневих плантацій залежить від високого виробництва насіння, яке зручно збирати.

Таким чином, важливо отримати інформацію про варіації репродуктивних ознак. Виробництво насіння та пилку, а також можливість збору шишок залежать від розміру та морфології дерева. Важливо знати, як змінюються репродуктивні ознаки та як вони пов'язані з ознаками росту [35].

Також продовжується вивчення генетичної різноманітності та постльодовикової історії колонізації сосни звичайної (*Pinus sylvestris*) у Європі. Аналіз мітохондріальних маркерів (*nad1 intronB/C*, *nad7 intron1*) та ядерних мікросателітних маркерів (SSR) показав, що популяції Румунії містять приблизно порівну гаплотипи ВА та АА, тоді як у Швеції переважає гаплотип АА, що відповідає географічному розташуванню країни. Це свідчить про складну історію міграцій після останнього льодовикового періоду, коли генофонд формувався через переміщення з льодовикових рефугій, інтенсивний обмін генами між популяціями та вплив людської діяльності. Гаплотип АА підтверджує походження з півдня Іспанії, а джерело гаплотипу ВА ще не встановлено, що потребує додаткових досліджень у Центральній Європі, зокрема в Угорщині, щоб визначити його роль у колонізації Румунії. Результати підкреслюють важливість використання комбінації мітохондріальних і ядерних маркерів для відтворення генетичної структури популяцій та маршруту колонізації виду. Це знання є ключовим для збереження генетичного різноманіття сосни звичайної, планування охорони та раціонального управління лісовими ресурсами в Європі.

В Чехії у другій половині 1950-х та першій половині 1960-х років також були вирішені деякі методологічні проблеми, важливі в процесі селекції. Це головним чином питання розмноження сосни шляхом щеплення та розробка методології контрольованого запилення сосен. Дослідження місцевих сортів сосни та модрини розпочалися в 1952 році, через рік після заснування в Опочно Науково-дослідного інституту лісорозведення, насінництва та розсадництва за співпраці з тимчасовим керівником, інж. Й. Моттлем, за пропозицією та під патронажем співробітника Головного управління лісів, інж. Мірослава Немеця, людини з дуже сучасними поглядами. У той час головним напрямком

діяльності лісового господарства була торгівля насінням та саджанцями, і тому найважливішою проблемою було походження насіння та саджанців та пошук можливостей для їх переміщення за межі місця походження, коротше кажучи, закупівлі з-за кордону.

В Опочно, в резиденції та на робочому місці інж. Гуго Коніаса, колишнього учня професора Зігмонда, атмосфера була дещо іншою. Там пропагувалося природне відновлення лісів у всіх сферах, що також позитивно вплинуло на концепцію наших запланованих досліджень провеніції. Це, принаймні спочатку, завадило наміру використовувати дослідження провеніції для пошуку лише територій, звідки потомство, імпортоване до нас з місцевих насаджень, забезпечило б найбільший урожай, замість того, щоб виявляти елементи життєвої стратегії досліджуваного виду шляхом вивчення його глибокого минулого. Таким чином, вибір джерел насіння, призначених для використання в дослідженнях провеніції, був розширений на весь ареал виду, ігноруючи при цьому мету штучного збільшення виробництва деревини.

Тодішня світова тенденція в дослідженнях провеніції, включаючи зосередження на внутрішніх характеристиках та життєвому потенціалі окремих видів дерев, полягала в дослідженні виду в цілому, а не звідки можна імпортувати найпродуктивніше потомство, а навпаки, які реакції викликають у потомства природні умови наших експериментальних ділянок. В еволюційних дослідженнях такого типу правило полягає в тому, щоб використовувати найгірші можливі умови навколишнього середовища для створення експериментальних ділянок, де окремі походження диференціюються набагато краще.

Було досліджено сону у Північночеському та Східночеському районах, райони Тршебоня та Шумава та у Західночеському районі, який суттєво відрізняється від них. У кожному з цих районів гіпотетичних екотипів було вибрано кілька дерев відповідно до місцевих умов. Їхню кореневу систему розпушили, дерево зрубали, описали морфологію кореневої системи, розміри дерева, товщину гілок біля стовбура, розрізали стовбур і на кожному метрі

вирізали диск для аналізу росту стовбура. Після завершення цих аналізів були зроблені контури 100-річних річних кілець кожного зразка, щоб можна було порівняти відмінності між зразками з різних регіонів Богемії. З метрової ділянки біля пня, на середині стовбура та трохи нижче крони були зроблені вирізи для підготовки зразків до механічних та технологічних випробувань та визначення частки смоли в деревині. Основою для наукової оцінки, на перший погляд, незадовільного поділу території штату на так звані «зони вирощування» за тривалістю вегетаційного періоду, тобто знову ж таки з урахуванням навколишнього середовища, а не генетики виду, були дуже чітко надані діаграми контурів 100-річних річних кілець кожного зразка, оскільки зона вирощування II включала три абсолютно різні ділянки сосни, яка здавна є рідною для чеських льодовикових рефугіумів з кінця третього століття.

Сорокарічні дослідження сосни в Чехії дозволили отримати наступні висновки. Екотипи у вузькому сенсі слова в ландшафтах поблизу краю льодовика могли мати труднощі з закріпленням екологічних адаптацій у своєму генетичному наборі протягом коротких періодів міжльодовикових періодів. Такі випадки можуть траплятися лише там, де межа зледеніння була настільки далекою, що не мала значного впливу на дане середовище, міграція кудись навіть не була необхідною, і ця стабільність середовища існування забезпечила наявність генів, пов'язаних з впливом місцевого середовища, в їхньому генетичному апараті (ялиця в Калабрії). Відносно швидкі зміни генетичного складу можуть відбуватися в льодовикових рефугіумах, де є розріджені скупчення дерев, подібні до тих, що на полярній межі видів, і там відбуваються вищезгадані генетичні зміни. Після відступу льоду він поширюється на навколишню територію, і консервативний генетичний склад може зберігатися в наступних поколіннях, так що популяція виду в усьому навколишньому регіоні є генетично настільки специфічною, що може створювати враження екотипів. Однак це лише генотипи. Найслабшою ланкою у вирощуванні дерев у насадженнях є питання проріджування, яке має бути копією природного відбору. З моменту встановлення монокультур ця процедура була повністю

виключена. Древа, висаджені рядами та на певній відстані, видаляючи найважливіші, включаються в густий наліт природного оновлення, тобто ювенільну стадію очищення популяції від слабких рослин. Серед них 90% особин від самозапилення, яке відбувається більшою мірою, ніж ми уявляємо. Особливо цікавим є той факт, що ще 10% виживають навіть після 20 років жорсткої конкуренції

Результати досліджень чітко демонструють, що, оцінюючи якість саджанців за темпами росту в молодому віці, ми робимо помилку, яка коштуватиме нам втрат у виробництві в майбутньому. Ми віддаємо перевагу тій частині популяції, яка має піонерний характер (тобто швидкий ріст у молодості, раннє припинення росту та раннє плодоношення що означає нижча продуктивність), за рахунок популяції клімаксового характеру (повільніший ріст у молодості, але довгостроковий, а це вища продуктивність).

На жаль, цей відбір вже відбувається в розсадниках під час сортування саджанців перед їх продажем. Усі зусилля ведуть до пізнання сутності прихованих проявів наших господарських видів дерев та до того, щоб керуватися знанням природних законів під час роботи з ними. У всіх дослідницьких проектах інтереси експлуатації насправді не є безпосередньо перевагою, але зрештою, з усіх них, чесно науково обґрунтованих, стає зрозуміло, що автоматично виникаючі результати можна успішно перенести на деякі сектори лісогосподарської діяльності. Таким чином, стає зрозуміло, що найбільшого успіху можна досягти, повторюючи покоління в одному й тому ж місці, що призводить до посилення адаптації наступних поколінь до середовища існування. Це, звичайно, також означає збільшення виробництва деревини. Інші дані показують, наскільки шкідливою є вирубка лісів для лісової екосистеми. Не сказано, що це також не може статися природним шляхом, наприклад, під час шторму. Навмисне збільшення загальної площі суцільних вирубок з 1960-х років змінило макроклімат і спричинило збільшення частоти штормів, а отже, й інших стихійних лих.

З літератури відомо, що після вирубки змішаного лісу кліматичні умови в цій місцевості повністю змінюються. Перш за все, у ґрунті, де всі мікробні спільноти, що забезпечують живлення для всіх наступних поколінь лісу, вимирають. Повернення первісної продуктивної здатності лісового ґрунту займає сотні років, а повне повернення до початкового стану оцінюється через 1500-1700 років. Навіть сьогоднішня оптимальна продуктивна здатність лісового ґрунту не повернеться після вирубки до середини четвертого тисячоліття [26]

Основним інструментом усієї селекційної роботи в Чехії є відбір, який застосовується на всіх етапах селекції. Метою лісової генетики є систематичне вивчення спадковості лісових деревних видів та взаємних зв'язків між генетичними характеристиками та впливом навколишнього середовища, що є ключовою передумовою для ефективної роботи лісового господарства та довгострокового розвитку лісового господарства.

Найближчими завданнями селекції є усунення негативних наслідків, спричинених використанням іноземних сортів, мінімізація втрат у рості, підвищення стійкості та покращення здоров'я лісових деревних видів. На практиці це означає повернення до оригінальних сортів, повагу до регіонального походження насіння та саджанців, ідентифікацію відібраних дерев та ширшу освіту працівників лісового господарства передовим методам селекції.

Довгострокові цілі селекції орієнтовані на збільшення виробництва та якості деревних видів шляхом відбору та розмноження найкращих особин з природних популяцій або шляхом введення видів зі швидшим зростанням та кращими характеристиками. Цей процес включає безперервний цикл оцінки потомства, відбору дерев для нових поколінь насінневих грядок та подальшої посадки відібраних дерев. Насіння з насінневих грядок використовується для виробництва розсади або прямого посіву в лісі [28].

Накопичений у лісовій селекції досвід свідчить, що ефективно генетичне поліпшення лісових деревних порід неможливе без глибокого розуміння

генетико-еволюційних характеристик вихідного селекційного матеріалу. Загальні закономірності еволюційного процесу рослин визначаються взаємодією мутацій, рекомбінацій алелів та потоків генів між популяціями, що створює генетичну мінливість, та процесів природного відбору і генетичного дрейфу, які сортують цю мінливість.

Природний відбір у лісових деревних рослин проявляється у різних формах. У стабільних популяціях, адаптованих до конкретних екологічних умов, превалує стабілізуючий відбір, який елімінує крайні фенотипічні варіанти, сприяючи збереженню гетерозигот і формуванню збалансованого поліморфізму. Прикладами можуть бути популяції сосни звичайної (*Pinus sylvestris*), де стабілізуючий відбір забезпечує адаптаційний потенціал протягом онтогенезу.

Дизруптивний відбір підтримує крайні фенотипи та відсіює проміжні, що підсилює поліморфізм у популяціях, зокрема серед деревних і стланникових форм високогірних сосен і верб на межі субальпійської та альпійської зон. Направляючий або прогресивний відбір зумовлює поступовий зсув генетичного складу популяцій у напрямку освоєння нового середовища.

Важливим аспектом еволюційного процесу є співвідношення рушійних сил еволюції. У великих панміктичних популяціях природний відбір є ефективним, а генетичний дрейф незначний, що забезпечує високу гомеостазність і повільний, але адаптивний еволюційний розвиток. У малих ізольованих популяціях з порушеною панміксією, навпаки, домінують випадкові коливання частот алелів та інбридинг, що створює високий рівень поліморфізму та швидкі, але менш передбачувані еволюційні зміни. Потік генів між такими поліморфними популяціями сприяє виникненню гетерозису та прискореній адаптивній еволюції через синергетичну взаємодію рекомбінації, дрейфу та природного відбору.

На межах ареалів видів у результаті інтрогресивної гібридизації формується велика мінливість. Відомо, що інтрогресивна гібридизація характерна для багатьох лісоутворюючих видів, таких як ялинки, листяні

породи берези та дуба. Гібридні популяції особливо поширені в антропогенно змінених місцях проживання, де створюються екологічні ніші для поширення міжвидових рекомбінатів.

Поліплоїдія також відіграє значну роль у еволюції лісових деревних. Вона дозволяє подолати несумісність при віддаленій гібридизації та закріплює гетерозис у наступних поколіннях. Комбінація гібридизації та поліплоїдії сприяє утворенню нових алоплоїдних видів із унікальним поєднанням ознак, часто відмінним від батьківських форм.

Характер еволюції каріотипу у деревних рослин відбувається двома основними шляхами: хромосомні перебудови та поліплоїдизація. Перший шлях притаманний переважно хвойним породам з великими хромосомами, другий — листяним із дрібними хромосомами. Аналіз каріотипної мінливості дозволяє оцінювати напрям еволюції популяцій і прогнозувати ефекти селекційного відбору.

Для ефективного генетичного поліпшення необхідно систематично вивчати видові, географічні, популяційні та індивідуальні особливості вихідного матеріалу і їхній зв'язок із селектованими ознаками. На популяційних моделях визначають тип відбору, адитивну цінність, характер успадкування ознак, вікову та екологічну мінливість, кореляційні зв'язки ознак та компоненти продуктивності. У стабілізованих популяціях індивідуальний відбір малоефективний; найбільший селекційний ефект досягається через виявлення географічних і міжпопуляційних відмінностей.

Інтенсивні плантаційні насадження із скороченим ротаційним циклом потребують клонової селекції та відбору за специфічною комбінаційною здатністю (СКС), включно з міжвидовою гібридизацією та подальшим клоновим відбором, як показано на прикладі *Picea abies* у зарубіжних країнах. Розробка методів генетичного аналізу кількісних ознак, включно з дисперсійними, регресійними та діалельними методами (за Гриффінгом), є необхідною для оцінки генетичних параметрів, взаємозв'язку ознак та прогнозування гетерозису.

Гетерозис у лісових деревних проявляється у трьох категоріях: популяційний (виникає під дією врівноважуючого відбору у природних популяціях), груповий (формується у результаті штучної або інтрогресивної гібридизації батьківських форм із високою СКС) та індивідуальний (характерний для окремих високопродуктивних гібридів). Гетерозис впливає на репродуктивну здатність, соматичні ознаки та адаптивність, а його механізми реалізуються через наддомінування, комплементацию та адитивні ефекти генів.

Дослідження на клонових біологічних моделях показали, що гетерозис проявляється на всіх рівнях організації рослин: організмівому (біомаса), тканинному (анатомічні структури), клітинному (хлоропласти) та молекулярному (ізоферменти, нуклеїновий обмін). Молекулярні та біохімічні механізми гетерозису і поліплоїдії включають перебудови геному та плазмону, зміни в складі повторюваних послідовностей ДНК, підвищення активності транскрипції і трансляції, що забезпечує інтенсифікацію ростових і репродуктивних процесів, а також підвищену продуктивність гібридів.

Використання цих знань у селекції дозволяє прогнозувати прояв різних типів гетерозису за ранніми фенотипічними ознаками, розробляти клонові та популяційні програми підвищення продуктивності, оптимізувати фотосинтетичні групи цінозів та ресурсоефективність насаджень, інтенсифікувати відбір у ранньому віці для видів із тривалим життєвим циклом.

Протягом останніх років у Волинській області проведено численні дослідження селекційних та генетичних характеристик сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Андреева В. В. оцінювала ядерцеву активність клітин меристем клонів, що дало змогу визначити цитогенетичний потенціал для селекційного використання [2]. Разом із Войтюком В. П. вона проводила оцінку клонів сосни у Волинській області, включаючи вегетативне потомство, що дозволило визначити їхню селекційну цінність [6]. Дослідження цитогенетичних особливостей меристем проростків клонів сосни, проведене Андреевою В. В. і Никитюком О., дозволило уточнити спадкові характеристики дерев [4].

Таксаційно-селекційна оцінка клонів у Воротнівському лісництві філії «Ківерцівське лісове господарство» показала продуктивність та стабільність різних клонів у польових умовах [1]. Войтюк В. П., Доля Б. С. та Сеньків В. В. досліджували взаємозв'язок морфометричних показників генеративного і вегетативного потомства плюсових дерев, що дозволило прогнозувати продуктивність та життєздатність майбутніх насаджень [7, 8].

Лісівничо-селекційна оцінка вегетативного потомства плюсових дерев сосни, виконана Андрєєвою В. В., надала інформацію про потенціал використання цих дерев у програмах лісовідновлення [1]. Разом із Войтюком В. П. та Лісовською Т. П. було проведено оцінку генофонду плюсових дерев Шацького регіону за вегетативним потомством, що дозволило виділити високопродуктивні та стійкі клональні лінії [1].

Криницький Г. Т., Войтюк В. П., Андрєєва В. В. та Кичилук О. проводили аналіз морфометричних і цитогенетичних ознак вегетативних та насінних потомств плюсових дерев, що дало комплексну оцінку їхньої селекційної цінності [10]. Андрєєва В. В. оцінювала вегетативне потомство сосни у Волинській області, підкреслюючи значення даних для підвищення ефективності лісовідновлення [5].

Робота Пендзюха С. та Войтюка В. демонструє таксаційно-селекційну оцінку клонів у лісорозсаднику другої категорії ДП «Ківерцівське лісове господарство», що дозволяє виділити перспективні для посадки та розмноження кандидати в сорти-клони [12].

Завдяки проведеним дослідженням сформовано комплексне уявлення про генетичну структуру, спадкові властивості та продуктивність плюсових дерев сосни звичайної, що є основою для сталого лісівництва, селекційної роботи та охорони цінних клонів у природних і штучних насадженнях Волинського регіону.

Таким чином, комплексне вивчення генетико-еволюційних процесів, механізмів гетерозису та поліплоїдії на всіх рівнях організації рослин дозволяє формувати цілеспрямовані селекційні програми для лісових деревних рослин,

орієнтовані на підвищення продуктивності, стабільності та адаптивності насаджень у змінних умовах середовища.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Природно-кліматичні умови регіону дослідження

Клімат району розміщення лісового господарства помірно-континентальний і характеризується порівняно м'якою зимою, теплим літом і значною кількістю опадів. Із кліматичних факторів, що негативно впливають на ріст і розвиток лісових насаджень є пізні весняні та ранні осінні заморозки. В цілому кліматичні ведення лісового господарства. Це підтверджується наявністю насаджень високих бонітетів: сосни, дуба, берези, вільхи. Територія надлісництва за характером рельєфу відноситься до рівнинних. За ступенем вологості більша частина ґрунтів відноситься до свіжих [13].

2.2. Об'єкт і методика досліджень

Архівно-маточна плантація в Ковельському лісництві створена восени 1984 р. на площі 0,6 га, розміщення посадкових місць – 4 x 4 м, а клонів – рядами (рис. 2.1, 2.2). Використано вегетативне потомство 18 плюсових дерев ДП „Колківського лісового господарства” (Кл-9, Клж-10–27).

Тип лісорослинних умов – свіжий субір, ґрунт – дерново-підзолистий супіщаний, рельєф рівнинний. Підготовка ґрунту після реконструктивної рубки здійснювалась шляхом розкорчовування та виривання пнів підричним способом, планування, глибокої оранки, дискування та боронування [13].

Висоту дерев вимірювали висотоміром, діаметр – на висоті 1,3 м за допомогою мірної вилки (рис. 2.3). В роботі використані методи варіаційної статистики [14].

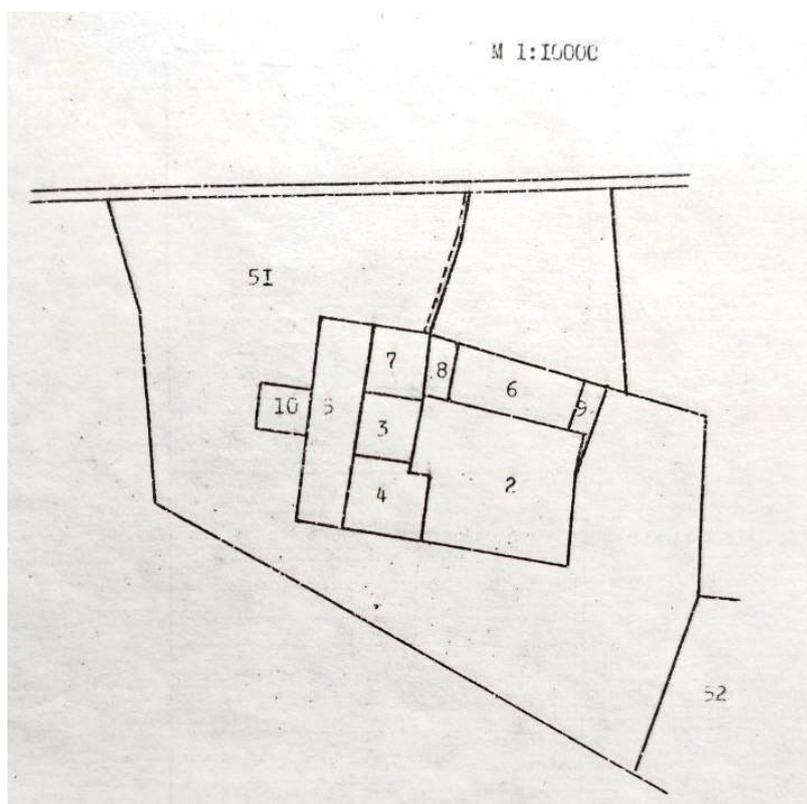


Рис. 2.1. Схема розміщення лісонасінних і архівно-маточних плантацій у кв. 51 Ковельського лісництва (під номером 8 – досліджувана плантація)



Рис. 2.2. Архівно-маточні плантації у Ковельському лісництві



Рис. 2.3. Проведення біометричних вимірювань дерев

Вартісна оцінка екосистемних послуг і наукового значення архівно-маточної плантації проводилась за методикою, описаною В. Андрєвою зі співавт. [3].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними, любязно наданими Войтюком В. П., архівно-маточна плантація сосни звичайної у 35-річному віці зростає в умовах свіжого субору Ковельського лісництва ДП за I^B бонітетом, характеризується добрим станом, у віці 35 років при повноті 0,77 має запас деревини на 1 га 246 куб.м.

Середня висота клонів становить 18,4 м, з лімітами середніх висот від 17,1 до 20,3 м (табл. 3.1). Коефіцієнт варіації середніх висот клонів знаходиться в межах 4–10%, що свідчить про низьку мінливість висоти дерев.

Таблиця 3.1

Варіаційно-статистичні показники висоти клонів

Варіант	M ± m, м	s	V, %	P, %	t
Клж-9	17,1 ± 0,43	c	5,62	2,52	-2,33
Клж-10	18,9 ± 0,22	0,74	3,95	1,19	1,14
Клж-11	17,6 ± 0,63	1,78	10,14	3,59	-1,15
Клж-12	19,0 ± 0,39	1,25	6,56	2,08	1,16
Клж-13	18,8 ± 0,31	1,15	6,13	1,64	0,92
Клж-14	17,7 ± 0,28	1,26	7,11	1,55	-1,46
Клж-15	17,6 ± 0,42	1,75	9,96	2,42	-1,46
Клж-16	17,5 ± 0,42	1,20	6,83	2,41	-1,62
Клж-17	18,5 ± 0,24	0,93	5,04	1,30	0,34
Клж-18	19,0 ± 0,25	1,25	6,55	1,31	1,47
Клж-19	19,6 ± 0,41	1,43	7,30	2,11	2,28
Клж-20	19,2 ± 0,27	1,33	6,95	1,42	1,80
Клж-21	18,0 ± 0,22	1,17	6,51	1,23	-1,03
Клж-22	15,6 ± 0,25	1,13	7,26	1,62	-6,40
Клж-23	18,2 ± 0,37	1,16	6,37	2,01	-0,37
Клж-24	18,7 ± 0,33	1,20	6,42	1,78	0,55
Клж-25	19,8 ± 0,35	1,25	6,31	1,75	2,88
Клж-26	20,3 ± 0,55	1,75	8,63	2,73	2,92
Клж-27	18,4 ± 0,28	1,35	7,33	1,53	0,003
Середнє	18,4 ± 0,35	1,27	6,89	1,90	-

Достовірно перевищують за висотою середнє значення троє клонів (Клж-19, Клж-25 і Клж-26), що складає 16% від загальної кількості представлених

клонів. Перевищення за висотою становить в середньому 8% (в межах 6,5-10,3%). Ростуть нижче середнього на 11% (в межах 7-15%) два потомства (Клж-9 і Клж-22), що складає 11% усіх рамет.

Достовірно перевищують середній міжклоновий діаметр 15,8% всіх потомств (клони Клж-24, Клж-25 і Клж-27) в середньому на 15,0% (в межах 10,6-18,6%) (табл. 3.2). Достовірно відстають в рості за діаметром 31,6% всіх потомств (клони Клж-10, 11, 13, 14, 16, 21) в середньому на 11,6% (в межах 6,6-18,6%).

Таблиця 3.2

Варіаційно-статистичні показники діаметру клонів

Варіант	М	± m	s	V, %	P, %	t
Клж-9	25,6	± 1,4	3,0	11,9	5,3	-1,26
Клж-10	24,9	± 0,8	2,7	10,9	3,3	-2,93
Клж-11	22,3	± 1,5	4,2	18,6	6,6	-3,33
Клж-12	27,6	± 1,7	5,4	19,4	6,1	0,12
Клж-13	25,6	± 0,6	2,4	9,4	2,5	-2,68
Клж-14	24,7	± 1,0	4,8	19,4	4,2	-2,59
Клж-15	28,2	± 1,1	4,6	16,2	3,9	0,70
Клж-16	23,8	± 0,5	1,4	5,8	2,0	-6,17
Клж-17	26,4	± 0,6	2,3	8,9	2,3	-1,49
Клж-18	28,0	± 0,8	3,9	13,8	2,8	0,70
Клж-19	26,6	± 0,9	2,9	11,1	3,2	-0,84
Клж-20	28,4	± 0,8	3,7	13,1	2,7	1,17
Клж-21	24,1	± 0,4	2,3	9,4	1,8	-6,60
Клж-22	27,7	± 0,7	3,0	10,9	2,4	0,39
Клж-23	27,7	± 1,1	3,7	13,4	4,0	0,26
Клж-24	31,7	± 1,5	5,3	16,7	4,6	2,81
Клж-25	30,3	± 1,2	4,3	14,1	3,9	2,34
Клж-26	29,6	± 1,9	5,8	19,7	6,6	1,14
Клж-27	32,5	± 0,9	4,5	13,7	2,9	5,38
Середнє	27,4	± 0,3	4,5	16,6	1,0	-

До кращих клонів, які по об'єму стовбурів достовірно вищі від середнього міжклонового значення, відносяться 21,1% всіх потомств (Клж-24, Клж-25, Клж-26, Клж-27) з перевищенням в середньому на 35,4% (в межах 31-

41%) (табл. 3.3 рис. 3.1). До гірших клонів, які по об'єму достовірно нижчі від середнього міжклонового значення, відносяться 15,8% всіх потомств (Клж-11, Клж-16, Клж-21) з відставанням в середньому на 29,5% (в межах 25-35%).

Таблиця 3.3

Варіаційно-статистичні показники об'єму стовбурів клонів

Варіант	M ± m	s	V, %	P, %	t
Клж-9	0,413 ± 0,049	0,11	26,7	11,9	-1,47
Клж-10	0,425 ± 0,029	0,10	22,7	6,8	-1,65
Клж-11	0,332 ± 0,051	0,15	43,6	15,4	-2,67
Клж-12	0,545 ± 0,064	0,20	37,4	11,8	0,49
Клж-13	0,450 ± 0,026	0,10	21,6	5,8	-1,18
Клж-14	0,412 ± 0,037	0,17	41,5	9,1	-1,73
Клж-15	0,526 ± 0,046	0,19	35,7	8,7	0,29
Клж-16	0,360 ± 0,018	0,05	14,1	5,0	-3,30
Клж-17	0,469 ± 0,025	0,10	20,6	5,3	-0,82
Клж-18	0,549 ± 0,029	0,15	26,6	5,3	0,81
Клж-19	0,507 ± 0,038	0,13	26,0	7,5	-0,01
Клж-20	0,569 ± 0,031	0,15	26,9	5,5	1,18
Клж-21	0,382 ± 0,014	0,08	19,9	3,8	-2,91
Клж-22	0,445 ± 0,025	0,11	25,2	5,6	-1,32
Клж-23	0,511 ± 0,041	0,13	26,4	8,0	0,05
Клж-24	0,700 ± 0,075	0,27	38,4	10,6	2,25
Клж-25	0,670 ± 0,053	0,19	28,7	7,9	2,40
Клж-26	0,667 ± 0,072	0,21	32,2	10,7	1,93
Клж-27	0,714 ± 0,046	0,22	30,7	6,4	3,35
Середнє	0,508 ± 0,041	0,15	28,7	8,0	-

Високі значення ПШР (102-121%) має 47,4% всіх потомств (клони Клж-12, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27). Гіршими за даним показником (ПШР=79-97%) є 47,4% всіх потомств (клони Кл-9, Клж-10, 11, 13, 14, 16, 17, 21, 22).

За комплексною оцінкою кращими клонами є варіанти Клж-27, Клж-25, Клж-24, Клж-26, Клж-20 і Клж-18.

За комплексом господарсько цінних показників перспективними є 11 клонів, або 34% всіх вегетативних потомств, які доцільно віднести до

кандидатів у сорти-клони. Це клони Клж-27, Клж-25, Клж-24, Клж-26, Клж-20 і Клж-18.

Біометричні дослідження цієї ж плантації були проведені нами влітку 2025 р.

Середня висота клонів у віці 41 років становить 21,0 м ($m=0,1$, $s=1,6$, $V=7,4\%$). Мінливість за ростом у висоту низька. Достовірно краще від середнього ростуть варіанти Клж-26, 10, 20 (17% від усіх потомств) в середньому на 5,6%, гіршими є клони Клж-23 і Клж-21 (11% від усіх потомств). Вони відстають від середніх показників висоти на 5,7% (табл. 3.4). Решта клонів росте на рівні середнього значення висоти.

Таблиця 3.4

Варіаційно-статистичні показники висоти клонів у 41-річному віці

Варіант	$M \pm m$	s	V, %	P, %	t
Клж-27	20,5 \pm 0,3	1,4	6,6	1,4	-1,52
Клж-26	22,6 \pm 0,6	1,6	7,1	2,5	2,78
Клж-23	19,8 \pm 0,5	1,7	8,4	2,5	-2,38
Клж-10	21,8 \pm 0,4	1,3	5,7	1,7	2,16
Клж-14	21,0 \pm 0,3	1,2	5,8	1,3	0,17
Клж-20	22,1 \pm 0,2	0,9	4,2	0,9	4,57
Клж-21	19,8 \pm 0,3	1,5	7,5	1,6	-3,42
Клж-15	20,7 \pm 0,3	1,0	5,1	1,2	-1,13
Клж-16	21,1 \pm 0,3	0,7	3,4	1,4	0,34
Клж-11	20,1 \pm 0,4	1,1	5,4	2,2	-1,96
Клж-12	20,8 \pm 0,4	1,3	6,0	1,8	-0,44
Клж-13	21,4 \pm 0,3	1,3	6,0	1,6	1,19
Клж-25	20,9 \pm 0,4	1,3	6,1	1,8	-0,17
Клж-17	21,1 \pm 0,4	1,7	8,1	2,0	0,23
Клж-19	21,7 \pm 0,4	1,3	6,0	1,7	1,81
Клж-18	21,1 \pm 0,3	1,3	6,2	1,3	0,50
Клж-9	19,1 \pm 1,0	2,7	14,1	5,3	-1,86
Клж-24	21,8 \pm 0,5	1,8	8,3	2,3	1,48
Середнє	21,0 0,1	1,6	7,4	0,5	-

Середній діаметр клонів у віці 41 років становить 31,2 см ($m = 0,3$ см, $s = 5,2$, $V = 16,8\%$). Мінливість за ростом у діаметр середня.

Достовірно перевищують середній міжклоновий діаметр 22% всіх потомств (клони Клж-24, Клж-25, Клж-26 і Клж-27) в середньому на 15,9% (в межах 10,3-18,9%) (табл. 3.5). Достовірно відстають в рості за діаметром 33% всіх потомств (клони Клж-10, 11, 13, 14, 16, 21) в середньому на 12,1% (в межах 7,7-15,1%).

Таблиця 3.5

Варіаційно-статистичні показники діаметру клонів у 41-річному віці

Варіант	$M \pm m$	s	V, %	P, %	t
Клж-27	36,3 \pm 1,0	4,7	13,1	2,8	4,78
Клж-26	36,8 \pm 0,9	2,5	6,8	2,4	5,89
Клж-23	30,7 \pm 1,4	4,8	15,6	4,7	-0,38
Клж-10	27,9 \pm 0,9	3,2	11,5	3,3	-3,32
Клж-14	27,5 \pm 0,9	4,0	14,5	3,3	-3,81
Клж-20	32,0 \pm 0,9	4,2	13,3	3,0	0,77
Клж-21	26,7 \pm 0,7	3,3	12,4	2,7	-5,64
Клж-15	32,8 \pm 1,3	5,2	15,8	3,8	1,20
Клж-16	27,2 \pm 0,6	1,5	5,4	2,2	-5,80
Клж-11	26,5 \pm 1,8	4,3	16,3	6,6	-2,61
Клж-12	31,9 \pm 1,8	6,0	18,8	5,7	0,39
Клж-13	28,8 \pm 0,7	2,8	9,7	2,6	-2,98
Клж-25	34,4 \pm 1,4	5,0	14,6	4,2	2,16
Клж-17	29,5 \pm 0,8	3,3	11,2	2,8	-1,94
Клж-19	30,6 \pm 0,9	3,4	11,2	3,1	-0,65
Клж-18	32,4 \pm 0,7	3,2	10,0	2,2	1,54
Клж-9	29,3 \pm 2,1	5,4	18,5	7,0	-0,92
Клж-24	37,1 \pm 1,7	6,2	16,8	4,7	3,32
Середнє	31,2 \pm 0,3	5,2	16,8	1,1	-

Середній об'єм стовбурів клонів у віці 41 років становить 0,756 м³ см ($m = 0,02$ см, $s = 0,3$, $V = 36,1\%$). Мінливість за об'ємом стовбурів висока.

До кращих клонів, які по об'єму стовбурів достовірно вищі від середнього міжклонового значення, відносяться 22,2% всіх потомств (Клж-24, Клж-25, Клж-26, Клж-27) з перевищенням в середньому на 34,8% (в межах

19,8-45,4%) (табл. 3.3 рис. 3.1). До гірших клонів, які по об'єму достовірно нижчі від середнього міжклонового значення, відносяться 38,9% всіх потомств (Клж-10, Клж-14, Клж-21, Клж-16, Клж-11, Клж-13, Клж-17) з відставанням в середньому на 22,4% (в межах 11,9-31,5%).

Таблиця 3.6

Варіаційно-статистичні показники об'єму стовбурів клонів у 41-річному віці

Варіант	$M \pm m$	s	V, %	P, %	t
Клж-27	0,984 \pm 0,06	0,3	27,7	5,9	3,76
Клж-26	1,088 \pm 0,04	0,1	10,4	3,7	7,60
Клж-23	0,687 \pm 0,07	0,2	35,8	10,8	-0,91
Клж-10	0,617 \pm 0,05	0,2	25,6	7,4	-2,85
Клж-14	0,585 \pm 0,05	0,2	34,0	7,8	-3,50
Клж-20	0,819 \pm 0,05	0,2	26,1	5,8	1,24
Клж-21	0,518 \pm 0,03	0,1	26,6	5,8	-6,86
Клж-15	0,818 \pm 0,06	0,3	32,3	7,8	0,93
Клж-16	0,560 \pm 0,03	0,1	11,7	4,8	-6,16
Клж-11	0,518 \pm 0,07	0,2	33,3	13,6	-3,29
Клж-12	0,789 \pm 0,08	0,3	34,5	10,4	0,39
Клж-13	0,643 \pm 0,04	0,1	22,0	5,9	-2,71
Клж-25	0,906 \pm 0,07	0,2	27,6	8,0	2,02
Клж-17	0,666 \pm 0,04	0,2	25,0	6,3	-2,00
Клж-19	0,735 \pm 0,05	0,2	24,4	6,8	-0,40
Клж-18	0,801 \pm 0,03	0,2	19,7	4,3	1,16
Клж-9	0,612 \pm 0,09	0,2	38,0	14,4	-1,61
Клж-24	1,099 \pm 0,12	0,4	39,3	10,9	2,84
Середнє	0,756 0,02	0,3	36,1	2,3	-

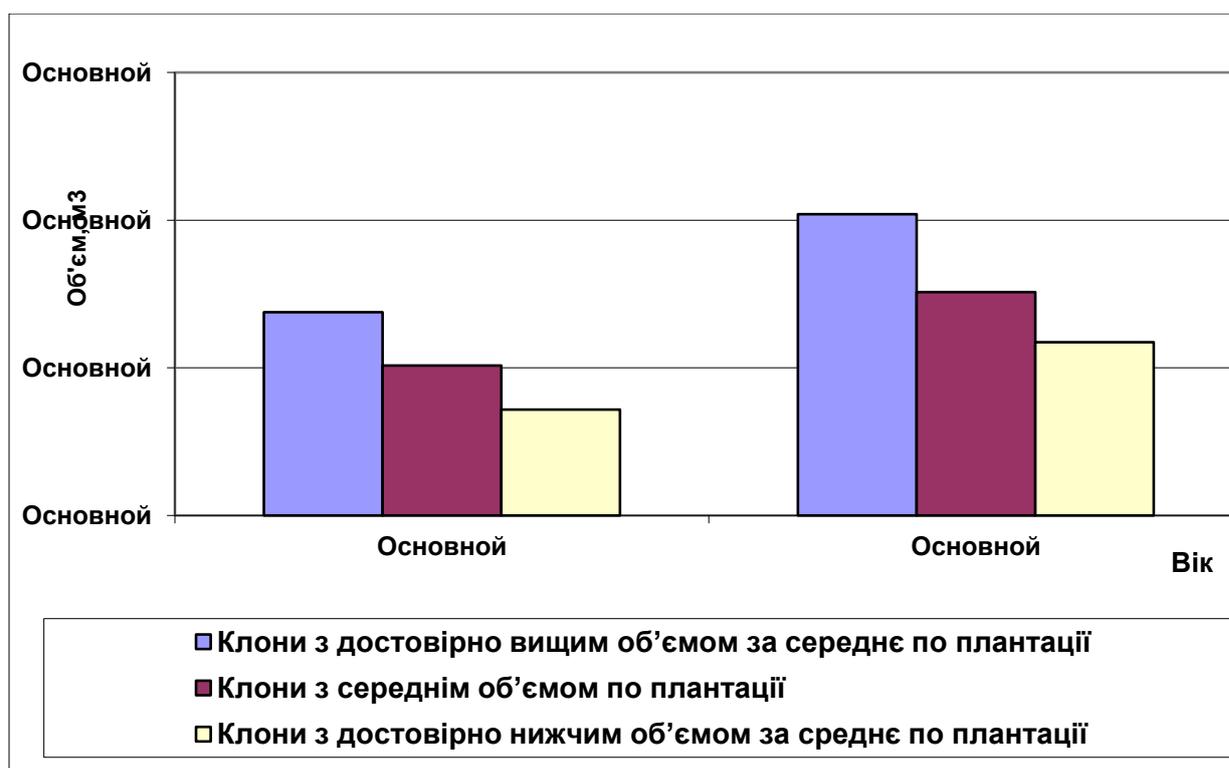


Рис. 3.1. Об'єми стовбурів клонів плюсових дерев сосни звичайної на архівно-маточній плантації у різному віці

З таблиць 3.7 і 3.8 видно, що за висотою за останні п'ять років суттєвих змін на плантації не відбулось, а за діаметром зросла частка клонів з достовірно вищими показниками.

Таблиця 3.7

Категорії клонів плюсових дерев сосни звичайної за висотою на архівно-маточній плантації у різному віці, %

Категорія клонів	Вік	
	35 р.	41 р.
Клони з достовірно вищою висотою за середнє по плантації	15,8	16,7
Клони з середньою висотою по плантації	73,7	72,2
Клони з достовірно нижчою висотою	10,5	11,1

Таблиця 3.8

Категорії клонів плюсових дерев сосни звичайної за діаметром
на архівно-маточній плантації у різному віці, %

Категорія клонів	Вік	
	35 р.	41 р.
Клони з достовірно вищим діаметром за середнє по плантації	15,8	22,2
Клони з середнім діаметром по плантації	52,6	44,5
Клони з достовірно нижчим діаметром	31,6	33,3

Високі значення ПШР (101,3-126,9%) має 50% всіх потомств (клони Клж-12, 15, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27) (табл. 3.9). Гіршими за даним показником (ПШР=80,7-94,1%) є 50% всіх потомств (клони Кл-9, Клж-10, 11, 13, 14, 16, 17, 21, 23).

Таблиця 3.9

Показник швидкості росту потомств

Варіант	Висота	Діаметр	ПШР
1	2	3	4
Клж-27	20,5	36,3	113,6
Клж-26	22,6	36,8	126,9
Клж-23	19,8	30,7	92,8
Клж-10	21,8	27,9	92,8
Клж-14	21,0	27,5	88,1
Клж-20	22,1	32,0	107,9
Клж-21	19,8	26,7	80,7
Клж-15	20,7	32,8	103,6
Клж-16	21,1	27,2	87,6
Клж-11	20,1	26,5	81,3
Клж-12	20,8	31,9	101,3

Продовження табл. 3.9

Клж-13	21,4	28,8	94,1
Клж-25	20,9	34,4	109,7
Клж-17	21,1	29,5	95,0
Клж-19	21,7	30,6	101,3
Клж-18	21,1	32,4	104,3
Клж-9	19,1	29,3	85,4
Клж-24	21,8	37,1	123,4
Середнє	21,0	31,2	100,0

За комплексною оцінкою кращими клонами є варіанти Клж-26, Клж-24, Клж-27, Клж-20, Клж-25, Клж-15, Клж-18, Клж-19 (табл. 3.10, 3.11).

Таблиця 3.10

Координати оцінюваних ознак клонів сосни звичайної у віці 41 рік

Варіант	Висота	Діаметр	Об'єм стовбура	Частка дерев з одинарним стовбуром
1	2	3	4	5
Клж-09	0,8	0,8	0,6	0,8
Клж-10	1,0	0,8	0,6	1,0
Клж-11	0,9	0,7	0,5	0,9
Клж-12	0,9	0,9	0,7	0,9
Клж-13	0,9	0,8	0,6	0,9
Клж-14	0,9	0,7	0,5	1,0
Клж-15	0,9	0,9	0,7	1,0
Клж-16	0,9	0,7	0,5	1,0
Клж-17	0,9	0,8	0,6	0,8
Клж-18	0,9	0,9	0,7	1,0

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5
Клж-19	1,0	0,8	0,7	1,0
Клж-20	1,0	0,9	0,7	1,0
Клж-21	0,9	0,7	0,5	1,0
Клж-23	0,9	0,8	0,6	0,8
Клж-24	1,0	1,0	1,0	0,8
Клж-25	0,9	0,9	0,8	0,9
Клж-26	1,0	1,0	1,0	0,9
Клж-27	0,9	1,0	0,9	0,9

Таблиця 3.11

Комплексні оцінки клонів сосни звичайної у віці 41 рік

Варіант	Висота	Діаметр	Об'єм стовбура	Частка дерев з одинарним стовбуром	Оцінка
1	2	3	4	5	6
Клж-26	1,00	0,98	0,98	0,79	3,75
Клж-24	0,93	1,00	1,00	0,59	3,52
Клж-27	0,82	0,96	0,80	0,83	3,42
Клж-20	0,96	0,74	0,56	1,00	3,26
Клж-25	0,86	0,86	0,68	0,85	3,25
Клж-15	0,84	0,78	0,55	1,00	3,17
Клж-18	0,87	0,76	0,53	1,00	3,17
Клж-19	0,92	0,68	0,45	1,00	3,05
Клж-12	0,85	0,74	0,52	0,81	2,91
Клж-10	0,93	0,57	0,32	1,00	2,81

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5	6
Клж-13	0,90	0,60	0,34	0,89	2,73
Клж-16	0,87	0,54	0,26	1,00	2,67
Клж-14	0,86	0,55	0,28	0,91	2,60
Клж-23	0,77	0,68	0,39	0,67	2,51
Клж-17	0,87	0,63	0,37	0,64	2,51
Клж-21	0,77	0,52	0,22	1,00	2,51
Клж-11	0,79	0,51	0,22	0,77	2,29
Клж-09	0,71	0,62	0,31	0,64	2,29

Отже, за комплексом господарсько цінних показників перспективними є 8 клонів, або 44% всіх вегетативних потомств, які доцільно віднести до кандидатів у сорти-клони. Це клони Клж-26, Клж-24, Клж-27, Клж-20, Клж-25, Клж-15, Клж-18, Клж-19.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЛІСОВОЇ ДІЛЯНКИ

Інтегральна оцінка ґрунтується на засадах теорії екологічної ренти та підході альтернативної вартості, який передбачає врахування ефективності відновлення природних ресурсів як у економічному, так і в екологічному аспектах. Натомість поелементний метод спирається на визначення обсягів депонування вуглекислого газу лісовими й болотними екосистемами, аналіз їх здатності до водоочищення та оцінювання асиміляційного потенціалу лісових біогеоценозів. Щорічні розрахунки інтегральної вартісної оцінки здійснюють окремо для чотирьох основних типів природних екосистем: лісових, лучних, болотних і водних.

Інтегральна вартісна оцінка екосистемних послуг для досліджуваної ділянки становить 5100,6 грн. рік, що в розрахунку на 1 га площі лісової екосистеми складає 8501,1 грн. / га в рік.

Ціна формується ринком (європейська система торгівлі викидами, EU ETS) і в 2022 році коливалась в діапазоні від 58 до 98 євро/т [9]. Курс євро для розрахунків прийнято 48, 67 грн.

Таблиця 4.1

Результати розрахунків вартості екосистемних послуг лісових ділянок

Лісова екосистема	Площа, га	Інтегральна вартісна оцінка екосистемних послуг, грн./рік	Вартісна оцінка щорічного поглинання діоксиду вуглецю лісовими екосистемами, грн./рік	Економічна оцінка первинної продукції екосистеми, грн.
Архівно-маточна плантація				
Всього	0,6	5100,6	114410,5	199168,2
В розрахунку на 1 га	-	8501,1	190684,2	331947,0

Вартісна оцінка щорічного поглинання діоксиду вуглецю лісовими екосистемами при середній європейській ціні квоти на викид 1 т CO₂ 58 євро/тонну та акумуляції діоксиду вуглецю 5 т / рік становить 190684,2 грн. / га.

Економічна оцінка продукції первинної екосистеми ділянки становить 331947,0 грн.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Служба охорони праці в філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» функціонує у складі: начальника Відділу з охорони праці та цивільного захисту (керівник служби охорони праці) та провідних інженерів з охорони праці Відділу з охорони праці та цивільного захисту, які підпорядковуються директору філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України». У кожному надлісництві закріплений за робочим місцем і фактично там працює інженер з охорони праці. В своїй діяльності працівники керуються законодавством України, нормативно-правовими актами з охорони праці, колективним договором та актами з охорони праці, що діють в межах Філії. У надлісництві всі технологічні процеси та види робіт виконуються при безпосередньому дотриманні інструкцій з питань охорони праці та карт технологічного процесу та постійному контролі і моніторингу дотримання трудової та виробничої дисципліни працівниками підприємства [13].

Відповідно до наказу Міністерства економіки України «Про затвердження Мінімальних вимог щодо безпеки і здоров'я на роботі працівників лісового господарства та під час виконання робіт із зеленими насадженнями» (від 27.11.2023 № 17953) [38], визначено комплекс базових заходів безпеки для лісовпорядних та пошукових експедицій. Документ регламентує підготовку персоналу, зокрема навчання методам надання першої домедичної допомоги, а також вимоги щодо безпечного пересування складною місцевістю (схили, каньйони), подолання водних і болотистих ділянок та дії працівників під час грози.

Керівники лісовпорядних і пошукових підрозділів спільно з представниками підприємств-замовників зобов'язані забезпечувати належний рівень безпеки для всіх працівників, особливо тих, хто виконує польові роботи. Під час підготовчого етапу та в процесі польових досліджень вони мають

упроваджувати заходи, спрямовані на запобігання виробничому травматизму й професійним ризикам.

Працівники, залучені до польових робіт, повинні неухильно дотримуватися встановлених вимог охорони праці під час виконання всього спектра завдань – від прорубування просік, встановлення межових і візирних знаків до таксаційних робіт, відбору ґрунтових проб, переміщень та піших переходів.

Роботодавець зобов'язаний організувати своєчасні попередні та періодичні медичні огляди відповідно до чинного порядку МОЗ. Для працівників, які працюватимуть у лісових умовах, рекомендовано щорічно проходити повторний медичний огляд перед початком польових робіт.

Перед відрядженням лісовпорядних і вишукувальних партій у польові умови весь персонал має бути навчений прийомам надання першої домедичної допомоги. Замовник робіт повинен надати керівнику експедиції інформацію про найближчі медичні установи, де у разі потреби може бути надана допомога постраждалим. До виконання робіт у гірських районах не допускаються особи віком до 18 років.

Роботодавець повинен забезпечити експедиційні групи усім необхідним спорядженням, засобами індивідуального та колективного захисту, сигналізаційними пристроями й засобами зв'язку, а для роботи в районах значного поширення гнусу – додатковими специфічними засобами захисту.

Посадові особи, що здійснюють контроль за проведенням робіт, зобов'язані перевіряти стан охорони праці, вимагати негайного усунення виявлених порушень і призупиняти роботи у випадку загрози життю чи здоров'ю працівників.

Перевезення людей і вантажів під час виконання лісовпорядних та вишукувальних робіт повинно здійснюватися з обов'язковим дотриманням вимог правил дорожнього руху [38].

ВИСНОВКИ

1. Вегетативне потомство плюсових дерев сосни звичайної Колківської ценопопуляції в архівно-маточній плантації 41-річного віку зростає за I^b бонітетом при середній висоті 21,0 м, діаметрі 31,2 см, середньому об'ємі стовбура 0,756 м³.
2. За висотою достовірно кращими є клони Клж-26, 10, 20 (17% від усіх потомств) в середньому на 5,6%, достовірно перевищують середній міжклоновий діаметр клони Клж-24, Клж-25, Клж-26 і Клж-27 (22% всіх потомств в середньому на 15,9%, кращими клонами за об'ємом стовбурів є 22,2% всіх потомств (Клж-24, Клж-25, Клж-26, Клж-27) з перевищенням в середньому на 34,8%.
3. Високі значення показника швидкості росту мають 50% всіх потомств (клони Клж-12, 15, 18, 19, 20, 24, 25, 26, 27).
4. За комплексом господарсько цінних показників перспективними є 8 клонів, або 44% всіх вегетативних потомств, які доцільно віднести до кандидатів у сорти-клони. Це потомства Клж-26, Клж-24, Клж-27, Клж-20, Клж-25, Клж-15, Клж-18, Клж-19.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева В. В. Лісівничо-селекційна оцінка вегетативного потомства плюсових дерев сосни звичайної у Волинській області. Науковий вісник націон. лісотехн. університету України: Зб. наук.-техн. праць. Львів: НЛТУ України. 2008, вип. 18.9. С. 25–31.
2. Андреева В. В. Оцінка ядерцевої активності популяцій меристем клонів сосни звичайної. Науковий вісник Волин. націон. ун-ту ім. Лесі Українки. 2009. №9. С. 99–104.
3. Андреева В., Войтюк В., Кичиліюк О., Шепелюк М., Гетьманчук А., Деркач В. Економічна оцінка Черемського болота на основі екосистемних послуг. Нотатки сучасної біології, 2021, 1(1), 15.
4. Андреева В., Никитюк О. Цитогенетичні особливості меристеми проростків клонів сосни звичайної. Матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів і студентів «Волинь очима молодих науковців: минуле, сучасне, майбутнє» 13-14 травня 2009 р. Луцьк. 2009. Т. 2. С. 140 – 141.
5. В. Андреева. Оцінка вегетативного потомства плюсових дерев сосни звичайної на Волині / Estimation of the vegetative progeny of the plus trees of Scots pine in Volyn. Seminarium naukowe 28.10.2022 godz. 9.00 (czasu PL) on-line, platforma Ms Teams. Las i leśnictwo wobec współczesnych wyzwań. Forest and forestry in the context of contemporary challenges <https://inl.sggw.edu.pl/28-10-2022-r-seminarium-naukowe-scientific-seminar/>
6. Войтюк В. П., Андреева В. В. Оцінка клонів сосни звичайної у Волинській області. Сб. научн. Трудов по материалам междунар. научн.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2008» 1-15 октября 2008 г., Одесса, Том 17. 2008. С. 71–72.

7. Войтюк В. П., Доля Б. С., Сеньків В. В. Взаємозв'язок ряду морфометричних показників вегетативних і генеративних потомств плюсових дерев сосни звичайної у Волинській області. Науковий вісник Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Біологічні науки. 2002. №6. С. 37–43.
8. Войтюк В. П., Доля Б. С., Сеньків В. В. Взаємозв'язок ряду морфометричних показників вегетативних і генеративних потомств плюсових дерев сосни звичайної у Волинській області. Науковий вісник Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Біологічні науки. 2002. №6. С. 37–43.
9. Впровадження СВАМ та його вплив на українські компанії. Режим доступу:
<https://enerhodzherela.com.ua/analityka/%D0%92%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0-%D0%B9%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B2%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2-%D0%BD%D0%B0-%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%97>
10. Криницький Г. Т., Войтюк В. П., Андреева В. В., Кичилук О. В. Морфометричні та цитогенетичні ознаки вегетативних і насінних потомств плюсових дерев сосни звичайної у Волинській області. Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук. пр. – Львів, 2010. Вип. 20.16. С. 207–214.
11. Наказ Міністерства економіки від 27.11.2023 р. № 17953 “Про затвердження Мінімальних вимог щодо безпеки і здоров'я на роботі працівників лісового господарства та під час виконання робіт із зеленими насадженнями”
 Режим доступу:
https://document.vobu.ua/doc/23092?utm_source=chatgpt.com

12. Пендзюх С., Войтюк В. Таксаційно-селекційна оцінка клонів сосни звичайної у лісорозсаднику другої категорії ДП «Ківерцівське лісове господарство» Актуальні проблеми розвитку природничих та гуманітарних наук : збірник матеріалів VI Міжнар. наук.практ. конф. (11 листопада 2022 р.) / відп. ред. Голуб Г.С., Зінченко М. О. Луцьк, 2022. С. 201–203.
13. План ведення господарства (план лісоуправління) Ковельського надлісництва філії «Поліський лісовий офіс» ДП «Ліси України» на 2025 р. Ковель. 2025. 54 с.
14. Свинчук В. А., Кашпор С. М., Миронюк В. В. Біометрія: конспект лекцій. К.: НУБіП України, 2017. 96 с.
15. Трофимюк В.В., Андреева В.В. Таксаційно-селекційна оцінка клонів сосни звичайної у Воротнівському лісництві філії «Ківерцівське лісове господарство» Mechanism of scientific and technical potential development: IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція (14-15 листопада 2024 р.). Дніпро. С. 235–236.
16. Bilir N., Prescher F., Lindgren D., Kroon J. Variation in cone and seed characters in clonal seed orchards of *Pinus sylvestris*, *New Forests*. № 36. 2008. P.187–199.
17. Bilir N., Ulsan M. D. Seed orchards and seed collection stands of Scots pine in Turkey. In: Lindgren D(ed) Proceedings of a seed orchard conference, Umea, 26–28 Sept 2007, pp 25–36.
18. Crawford Mike, Brooks Sam. Conifer seed orchards in the us pacific northwest. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 34.
19. Dahl Kjær Erik, Reproductive phenology, genetic diversity and seed production in clonal seed orchards. Seed orchards under rolling-front landscape breeding. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 12.

20. Durkaya A., Durkaya B., Atmaca S., Predicting the Above-ground Biomass of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Stands in Turkey. *Energy Sources, Part A*, 32. 2010. P. 485–493.
21. Empfohlene Herkünfte forstlichen Vermehrungsgutes für Niedersachsen und Schleswig-Holstein (Herkunftsempfehlungen). Erstellt und fortgeführt: Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt. Abteilung C – Waldgenressourcen. Stand Dezember 2004. 116 s.
22. Floran Valentina, Ganea Stefana, Sestra Radu, Garcia Gil María Rosario. Genetic Variability in Populations of Scots Pine from Romania and Sweden. *Bulletin UASVM Horticulture*, 67(1)/2010. P. 481.
23. Fortschrittsbericht der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Forstliche Genressourcen und Forsts Saatgutrecht“. Berichtszeitraum 2005 – 2008. 68 s.
24. Hertel Heike, Schneck Volker. Genetic and phenotypical variation of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations due to seed origin and environmental conditions at experimental sites. *Forest genetic*. 6 (2). 1999. P. 65–72.
25. Jeon Koeun. Enhancing genetic improvement clonal seed orchards of *Pinus densiflora* through fertility-based clone selection. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 27.
26. Kaňák J., Kaňák K. Genetika a šlechtění rodu *Pinus*, minulost, současnost a další perspektivy. 16 P. Режим доступа https://www.sofronka.cz/dokumenty/Vysledky_prace_Arsof.pdf
27. Kang Kyu-Suk. Estimation of genetic gain and gene diversity for seed orchard crops. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 21.
28. Lacina Martin. Studium geneticky podmíněné variability produkčních znaků v časných testech náhorního ekotypu borovice lesní. Česká zemědělská univerzita Praha. Praha 2021. 95 s.
29. Li Bailian, Mckeand Steve. Seed orchard evolution from traditional seed production to advanced genetic gains and breeding base. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 3.

30. Lstibůrek Milan. Seed orchards under rolling-front landscape breeding. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 2.
31. Novotný Petr. Výsledky genetické charakterizace významných regionálních populací 6 druhů lesních dřevin v ČR – podklad pro využití v OPRL. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, V. V. I. Strnady. 2017. 54 r.
32. Öner N., Eren F. The Comparisons Between Root Collar Diameter and Height Growth of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings in Bolu Forest Nursery. *Journal of Applied Biological Sciences* 2 (1). 2008. P. 07–12.
33. Quegwer Jakob, Merbitz Lina, Tröber Ute, Meyer Matthias. Challenges for a seed orchard programme towards seed availability for future forest composition in Saxony, Germany. Seed orchards under rolling-front landscape breeding. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 6.
34. Sivacioğlu A., Ayan S. Evaluation of seed production of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonal seed orchard with cone analysis method. *African Journal of Biotechnology*. №7(24). 2008. P. 4393-4399.
35. Sivacioğlu Ahmet, Ayan Sezgin and Ali Çelik Durmus. Clonal variation in growth, flowering and cone production in a seed orchard of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Turkey. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (17), 2009. P. 4084-4093.
36. Sivacioğlu Ahmet. Genetic variation in seed and cone characteristics in a clonal seed orchard of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) grown in Kastamonu-Turkey. *Romanian Biotechnological Letters*. Vol. 15, № 6, 2010. P. 5695–5701.
37. Thünen Report 76. Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Bundesallee 50. 38116 Braunschweig, Germany. DOI:10.3220/REP1584625360000. 10 s.

38. Wilms Hannes. Expanding the belgian seed orchard network, a collaboration between private and public sector. Seed Orchards Conference 20-24 May 2024. Brasov, Romania. P. 4.

39.