

УДК 630:582.475.3:581.16
DOI: 10.37128/2707-5826-2025-
1-10
**РЕПРОДУКТИВНІ ПРОЦЕСИ
НА КЛОНОВИХ
ПЛАНТАЦІЯХ ЯЛИНИ
ЄВРОПЕЙСЬКОЇ
ФІНСЬКОГО ПОХОДЖЕННЯ
В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО
ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА**

І.С. НЕЙКО, доктор с.-г. наук,
старший науковий співробітник
М.В. МАТУСЯК, канд. с.-г. наук,
доцент
С.Ф. РАЗАНОВ, доктор с.-г. наук,
професор
А.М. РАЗАНОВА, доктор філософії з
екології
Г.В. МУДРАК, канд. географічних
наук, доцент Вінницький національний
аграрний університет

У статті розглянуто особливості репродуктивних процесів на клонівих плантаціях ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) в контексті сталого лісового господарства. Проаналізовано сучасні підходи щодо створення та формування клонівих плантацій, оцінено їхній вплив на продуктивність, генетичну різноманітність та стійкість лісових екосистем до абіотичних і біотичних факторів. Визначено переваги використання високопродуктивного селекційного матеріалу для покращення якості деревини та зменшення негативних наслідків змін клімату.

За результатами дослідження встановлено значну варіабельність інтенсивності утворення генеративних органів серед клонів. Середній бал утворення мікростробілів становив 4,4, а макростробілів – 3,5, що свідчить про достатній рівень репродуктивної здатності більшості клонів. Виявлено генотипи з найвищими показниками генеративної активності (E1020, E1156, E194, E253, E268, E5535 для мікростробілів та E11, E253 для макростробілів), що робить їх перспективними для насіннєвого розмноження.

Середній індекс стану дерев становив 1,1 бала, що вказує на їхню добру адаптацію до умов Вінниччини. Однак окремі генотипи демонстрували значні коливання за цим показником, що свідчить про різну стійкість до стресових факторів. Отримані результати підтверджують перспективність використання клонівих плантацій ялини європейської фінського походження у лісовідновленні, що сприяє підвищенню продуктивності, стійкості та адаптивного потенціалу насаджень. Обґрунтовано необхідність подальших досліджень у сфері використання клонівих плантацій для забезпечення стабільності й ефективності лісогосподарських практик. Дослідження адаптивних стратегій, відбір найбільш стійких генотипів із високою репродуктивною здатністю для підвищення стійкості лісових екосистем на сучасному етапі.

Ключові слова: клоніві плантації, репродуктивні процеси, ялина європейська, лісове господарство, селекція, продуктивність, генетична різноманітність.

Табл. 3. Літ. 23.

Постановка проблеми. Сучасне лісове господарство стикається з низкою викликів, зумовлених антропогенним впливом, змінами клімату та погіршенням стану лісових екосистем [1]. Втрата біологічної стійкості лісів, зниження їхньої продуктивності, поширення хвороб і шкідників ставлять під загрозу ефективність традиційних методів лісовідновлення та загальну стабільність лісових біоценозів [2-3]. У цьому контексті особливого значення набуває розробка та впровадження інноваційних методів ведення лісового

господарства, серед яких перспективним напрямом є використання клонових плантацій [4].

Клонові плантації ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) розглядаються як ефективний спосіб забезпечення стабільного відновлення лісових насаджень, підвищення їхньої продуктивності та стійкості до змін довкілля [5]. Завдяки застосуванню селекційно покращеного матеріалу можна досягти суттєвого збільшення приросту лісових насаджень, оптимізувати використання лісових ресурсів та знизити негативний вплив стресових факторів на молоді насадження [6]. Проте, незважаючи на потенційні переваги, залишається низка невирішених питань щодо довготривалого ефективного використання клонових плантацій, їхньої екологічної адаптивності та економічної доцільності щодо масштабного впровадження.

Наукові дослідження свідчать, що селекційне вирощування клонових плантацій сприяють отриманню садивного матеріалу із покращеними морфологічними та фізіологічними характеристиками, що підвищує загальну продуктивність насаджень [7]. Водночас існує необхідність оцінки впливу цих технологій на збереження генетичного різноманіття, їхньої ролі в адаптації лісових екосистем до кліматичних змін та можливих ризиків, пов'язаних із спрощенням генетичної мінливості.

Актуальність цього дослідження зумовлена необхідністю комплексного аналізу щодо оцінювання репродуктивних процесів на клонових та ефективності їх використання в умовах змін клімату та розробки оптимальних методів ведення лісового господарства. Дослідження дозволить визначити перспективи використання селекційного матеріалу, сформулювати рекомендації щодо створення стійких лісових насаджень та сприяти розвитку науково обґрунтованих підходів до відновлення лісів у сучасних умовах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Зростання антропогенного впливу на лісові екосистеми підвищує вразливість лісових насаджень до абіотичних (зміни клімату, екстремальні погодні явища, забруднення) та біотичних факторів (масове розмноження шкідників, поширення хвороб). Це призводить до порушення фізіологічних процесів у деревних видів, знижує їхню здатність до природного відновлення та загрожує довгостроковій стабільності й функціонуванню лісових екосистем [8].

Наукові дослідження підтверджують ключову роль ялини європейської (*Picea abies* (L.) H. Karst.) у лісових екосистемах та її значення для лісового господарства [9-10]. Численні праці присвячені вивченню особливостей її росту, екологічної адаптації та господарського використання в різних регіонах Північної та Центральної Європи, що підкреслює важливість подальшого дослідження цього виду в умовах сучасних кліматичних змін [11-13].

Ареал ялини європейської охоплює значні території від Скандинавських країн до гірських масивів Альп та Карпат, проте саме фінський екотип викликає особливий інтерес завдяки своїй підвищеній морозостійкості та здатності

приспосовуватися до суворих кліматичних умов. Дослідження свідчать, що фінська ялина успішно витримує тривалі періоди низьких температур, зберігаючи при цьому високу продуктивність навіть у межах короткого вегетаційного періоду [14].

Окрему увагу вчені приділяють морфологічним особливостям цього екотипу, зокрема, характеристикам хвої, будові кореневої системи та формі крони. Згідно з результатами досліджень, фінська ялина має щільну пірамідальну крону, що забезпечує її стійкість до значного снігового навантаження [15-16].

Екологічна роль ялини європейської також активно досліджується в наукових публікаціях. Деякі автори наголошують на її важливості для підтримання біорізноманіття бореальних лісів, регулювання водного режиму та запобігання ерозійним процесам [17-18]. Окремі роботи розглядають її здатність поглинати значну кількість вуглекислого газу та впливати на мікроклімат регіонів [19]. Щодо господарського використання, численні дослідження підтверджують, що деревина ялини європейської широко застосовується у целюлозно-паперовій, меблевій та будівельній галузях [20-21].

Отже, аналіз останніх наукових публікацій засвідчує значний інтерес дослідників до вивчення ялини європейської. Отримані результати підкреслюють її екологічну стійкість, високу адаптацію до кліматичних змін та значення для лісового господарства. Водночас подальші дослідження мають бути спрямовані на оцінку її репродукції в умовах зміни клімату, вивчення стійкості до хвороб та оптимізацію методів створення та вирощування лісонасінневих плантацій. Клонові плантації ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) є важливим компонентом сучасного лісового насінництва, спрямованого на підвищення продуктивності лісових насаджень, поліпшення їхніх генетичних характеристик та стійкості до змін клімату й хвороб. У світовій та вітчизняній літературі активно висвітлюються питання створення, формування та використання таких об'єктів.

Сучасні дослідження показують, що використання клонових плантацій дозволяє значно прискорити процес вирощування деревостанів та підвищити їх рівень продуктивності. Сучасні технології створення та вирощування клонових плантацій сприяють отриманню високопродуктивного, селекційно покращеного насіннєвого матеріалу [22].

У контексті ведення лісового господарства України питання створення та експлуатації клонових плантацій ялини європейської набуває актуальності. За даними досліджень [7, 23], використання таких плантацій сприяє підвищенню стійкості до абіотичних і біотичних факторів та забезпечує стабільні показники продуктивності лісових насаджень.

Попри значні успіхи у використанні клонових плантацій, залишається ряд відкритих питань, які пов'язані із репродуктивною здатністю та стійкістю ялинових деревостанів, їхнім впливом на біорізноманіття та економічною

доцільністю їх вирощування. Саме тому подальше вивчення цього питання є актуальним і необхідним для вдосконалення методів лісового насінництва з метою покращення лісогосподарських практик.

Метою дослідження є оцінка стану та репродуктивних функцій клонових плантацій ялини європейської в умовах кліматичних змін з метою подальшого використання лісового насіння підвищеної селекційної цінності у лісогосподарській практиці.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводили на плантації клонів ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) фінського походження, яка була створена у 1993 році в умовах Літинського лісництва. Площа плантації складає близько 2,5 га. Основна частина плантації, де розташовані клони складає 2,0 га. Клонова плантація представлена 30-ма клонами ялини європейської фінського походження. На плантації також представлено 1-не місцеве походження (саджанці місцевого походження). Клонова плантація закладена 1-річними щепленими рослинами із закритою кореневою системою.

Дослідження стану та оцінювання репродуктивних процесів на клоновій плантації було розпочато у 1994-му році. Особливості формування мікростробілів та макростробілів досліджувалися щорічно впродовж періоду 1994-1999 рр. Це дало можливість виявити найбільш продуктивні генотипи за їх станом та насінненню. З метою оцінювання сучасного стану репродуктивних процесів, у 2023-му році здійснено черговий облік утворення мікростробілів та макростробілів, а також оцінено стан дерев.

Методика оцінювання утворення генеративних органів передбачала: візуальний контроль наявності та інтенсивності формування мікростробілів і макростробілів у період активного цвітіння (квітень-червень 2023 р.); бальну оцінку інтенсивності утворення репродуктивних структур за шкалою від 1 до 5 балів, де 1 – мінімальне плодоношення, 5 – максимальна кількість генеративних органів на особині. Одержані результати узагальнено у вигляді середніх бальних оцінок формування мікро- та макростробілів.

Результати досліджень та їх обговорення. Впродовж вегетаційного періоду 2023-го року проведено оцінювання формування мікростробілів ялини європейської фінського походження. Середній бал утворення мікростробілів на клоновій плантації ялини європейської фінського походження у 2023 році (Літинське лісництво, Філія «Вінницьке ЛГ») наведено у таблиці 1.

За даними таблиці найвища середня інтенсивність утворення мікростробілів (4,8 бали) була зафіксована у генотипів E1020, E1156, E194, E253, E268, E5535, що свідчить про їх високу репродуктивну здатність. Найнижчі показники (3,1-3,4 бали) спостерігалися у генотипів E128 та E8, що може свідчити про слабку генеративну активність цих клонів. Максимальна інтенсивність (5 балів) спостерігалася майже у всіх генотипів, однак мінімальні значення варіювалися від 0 до 4, що вказує на значні відмінності між окремими клонами. Найвища дисперсія (2,2) спостерігалася у генотипу E120, що вказує на

Таблиця 1

**Середній бал утворення мікростробілів на клоновій плантації ялини
європейської фінського походження у 2023 р.
(Літинське лісництво, Філія «Вінницьке ЛГ»)**

Генотип	Інтенсивність утворення мікростробілів, середня, бал	Max.	Min	Відхил., ±	Дисп.
E10	4,4	5	3	0,7	0,5
E1020	4,8	5	4	0,4	0,2
E11	4,7	5	2	0,8	0,6
E1156	4,8	5	3	0,6	0,3
E1161	4,3	5	3	0,6	0,4
E120	3,8	5	0	1,5	2,2
E128	3,4	5	0	1,4	2,0
E1511	4,6	5	3	0,6	0,3
E1515	4,2	5	0	1,4	2,0
E1546	4,5	5	3	0,7	0,5
E194	4,8	5	3	0,6	0,4
E2089	4,3	5	3	0,7	0,5
E239	4,5	5	4	0,5	0,2
E252	4,2	5	3	0,6	0,4
E253	4,8	5	3	0,5	0,3
E254	4,2	5	3	0,6	0,4
E268	4,8	5	3	0,6	0,3
E269	4,7	5	4	0,4	0,2
E270	4,7	5	3	0,5	0,3
E278	4,5	5	3	0,6	0,4
E351	4,1	5	2	1,0	0,9
E435	4,4	5	3	0,8	0,6
E456D	4,4	5	3	0,6	0,4
E5535	4,8	5	3	0,5	0,3
E64	4,7	5	4	0,4	0,2
E81	4,3	5	3	0,8	0,6
E8	3,1	5	0	1,3	1,7
Місцева популяція	4,5	5	2	0,8	0,6
Середнє	4,4	5	0	0,9	0,7

Джерело: узагальнено та доповнено авторами

сильну варіабельність плодоношення серед рослин цього клону. Середній бал утворення мікростробілів серед усіх клонів, включаючи місцеву популяцію, становить 4,4, що свідчить про загалом високий рівень репродуктивної активності клонової плантації.

Таким чином, за отриманими даними можна зробити висновок, що переважна більшість досліджуваних клонів характеризується високою продуктивністю за утворенням мікростробілів, однак серед них є певна група

генотипів із менш вираженою репродуктивною здатністю.

Інтенсивність утворення макростробілів на клоновій плантації ялини європейської фінського походження у 2023 році (Літинське лісництво, Філія «Вінницьке ЛГ») відображено у таблиці 2. Згідно наведених даних середня інтенсивність утворення макростробілів серед усіх клонів, включаючи місцеву популяцію, становить 3,5 бала, що вказує на загалом середній рівень жіночої генеративної активності. Найвищі середні показники (4,1 бала) зафіксовані у генотипів E11 та E253, що свідчить про їхню високу продуктивність за

Таблиця 2

Середній бал утворення макростробілів на клоновій плантації ялини європейської фінського походження у 2023 р. (Літинське лісництво, Філія «Вінницьке ЛГ»)

Генотип	Інтенсивність утворення макростробілів, середня, бал	Max.	Min	Відхил., ±	Дисп.
E10	3,4	5	2	0,8	0,6
E1020	3,3	5	2	0,7	0,5
E11	4,1	5	2	0,9	0,8
E1156	3,9	5	1	1,0	0,9
E1161	3,2	4	2	0,6	0,3
E120	2,9	4	0	1,1	1,3
E128	3,1	5	2	1,1	1,1
E1511	3,6	5	3	0,7	0,5
E1515	2,6	4	0	1,0	1,1
E1546	3,2	4	2	0,6	0,4
E194	3,8	5	2	0,8	0,7
E2089	3,8	5	3	0,7	0,5
E239	3,0	4	2	0,6	0,3
E252	3,5	5	3	0,7	0,5
E253	4,1	5	3	0,7	0,5
E254	3,9	5	2	0,8	0,7
E268	3,8	5	2	0,9	0,8
E269	3,5	4	2	0,6	0,4
E270	3,5	5	2	0,9	0,7
E278	3,8	5	3	0,7	0,5
E351	3,1	5	1	0,9	0,8
E435	3,0	4	0	1,1	1,2
E456D	3,6	5	1	1,1	1,1
E5535	3,8	5	2	0,9	0,7
E64	3,7	5	2	0,7	0,5
E81	3,3	5	2	0,8	0,6
E8	2,1	4	1	0,9	0,7
Місцева популяція	3,6	5	2	0,9	0,8
Середнє	3,5	5	0	0,9	0,9

Джерело: узагальнено та доповнено авторами

утворенням макростробілів. Найнижча інтенсивність (2,1 бала) була у генотипу E8, що може вказувати на слабку генеративну здатність цього клону. Максимальна інтенсивність утворення макростробілів (5 балів) спостерігалася у більшості клонів, проте мінімальні значення варіювалися від 0 до 3, що вказує на значні відмінності між окремими генотипами.

Найбільша варіабельність плодоношення (відхилення 1,1, дисперсія до 1,3) спостерігалася у генотипів E120, E128, E1515, E435, E456D, що може свідчити про нестабільність їхньої репродуктивної активності.

Клони з найменшою варіабельністю (відхилення 0,6, дисперсія 0,3-0,4) – E1161, E1546, E239, E269, що вказує на стабільний рівень плодоношення у цих

Таблиця 3

Стан дерев на клоновій плантації ялини європейської фінського походження у 2023 р. (Літинське лісництво, Філія «Вінницьке ЛГ»)

Генотип	Індекс стану, бал	Max.	Min	Відхил., ±	Дисп.
E10	1,4	3,0	1,0	0,6	0,4
E1020	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E11	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E1156	1,1	5,0	1,0	0,6	0,3
E1161	1,3	2,0	1,0	0,4	0,2
E120	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
E128	1,1	3,0	1,0	0,5	0,2
E1511	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
E1515	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
E1546	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E194	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E2089	1,3	5,0	1,0	1,1	1,2
E239	1,3	3,0	1,0	0,6	0,4
E252	1,2	2,0	1,0	0,4	0,1
E253	1,1	2,0	1,0	0,2	0,1
E254	1,1	2,0	1,0	0,2	0,1
E268	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E269	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
E270	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E278	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
E351	1,3	4,0	1,0	0,8	0,6
E435	1,1	2,0	1,0	0,3	0,1
E456D	1,2	4,0	1,0	0,7	0,5
E5535	1,1	2,0	1,0	0,2	0,1
E64	1,1	2,0	1,0	0,2	0,0
E81	1,1	2,0	1,0	0,2	0,1
E8	1,2	2,0	1,0	0,4	0,2
Місцева популяція	1,1	2,0	1,0	0,2	0,1
Середнє	1,1	5,0	1,0	0,4	0,2

Джерело: узагальнено та доповнено авторами

генотипів. Таким чином, результати дослідження свідчать про широку варіабельність утворення макростробілів серед клонів ялини європейської фінського походження. Деякі генотипи виявилися стабільними та високопродуктивними, тоді як інші мали значні коливання інтенсивності плодоношення. Це важливо враховувати під час подальшого відбору перспективних генотипів для збереження та розширення насінневої бази у лісовому господарстві. Стан дерев на клоновій плантації ялини європейської фінського походження у 2023 році (Літинське лісництво, Філія «Вінницьке ЛГ») відображено у (див. табл. 3). За даними таблиці середній індекс стану для всіх клонів становить 1,1 бала, що вказує на загалом задовільний стан дерев. Більшість генотипів мали сталий індекс стану (1,0-1,3), що свідчить про їхню стійкість до місцевих умов. Найкращий стан спостерігався у генотипів із стабільним індексом 1,0, наприклад, E120, E1511, E1515, E269, E278, що вказує на їхню добру адаптацію. Найгірший індекс стану зафіксовано у генотипу E1156, де максимальне значення сягало 5,0 бала, що свідчить про окремі випадки значного погіршення стану дерев. Найбільше відхилення та дисперсію мали генотипи E2089, E351 та E456D, що може вказувати на їхню більшу чутливість до зовнішніх факторів. Місцева популяція демонструвала середній рівень стабільності (1,1 бала) без значних коливань, що свідчить про її адаптованість до регіональних умов. Загалом, більшість генотипів перебували в задовільному стані, проте деякі демонстрували нестабільність, що важливо враховувати для подальшого лісокультурного відбору.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Результати дослідження репродуктивних процесів на клонових плантаціях ялини європейської фінського походження вказують на значну варіабельність утворення генеративних структур серед різних генотипів. Отримані дані дозволяють оцінити потенціал репродуктивної здатності клонів та їхню адаптацію до умов Вінниччини. Середній бал утворення мікростробілів становив 4,4, що свідчить про високий рівень репродукції. Найвищі показники спостерігалися у генотипів E1020, E1156, E194, E253, E268, E5535 (4,8 бала), що вказує на їх перспективність для подальшого використання. Водночас значна варіабельність серед окремих дерев (дисперсія до 2,2 у генотипів E120, E128, E1515) свідчить про нестабільність утворення мікростробілів.

Інтенсивність утворення макростробілів виявилася нижчою (середній бал – 3,5). Найвищі значення спостерігалися у генотипів E11 та E253 (4,1 бала), що вказує на їхню високу генеративну активність. Натомість у генотипів E8 та E1515 цей показник був мінімальним, що свідчить про їхню низьку репродуктивну здатність. Високий рівень варіабельності (дисперсія до 1,3) підкреслює необхідність ретельного відбору генотипів для насінневих цілей. Стан дерев на плантації загалом характеризувався позитивно, середній індекс становив 1,1 бала, що вказує на добру адаптацію більшості клонів. Найбільш стабільними виявилися генотипи E120, E1511, E1515, E269, E278, у яких

показник не змінювався (1,0 бала). Водночас окремі генотипи, зокрема E1156, E2089, E351, E456D, демонстрували значний діапазон коливань стану (максимальне значення до 5,0 бала), що може вказувати на їхню чутливість до стресових факторів. Загалом отримані результати свідчать про перспективність використання клонових плантацій ялини європейської фінського походження. Висока репродуктивна здатність більшості клонів забезпечує ефективне використання, а варіабельність утворення макростробілів вказує на необхідність селекції генотипів з високою репродуктивною здатністю. Адаптивність більшості досліджуваних дерев до місцевих умов підтверджує високу адаптивність виду до кліматичних змін. Виявлені особливості репродуктивних процесів та стану дерев дозволяють вдосконалити селекційну роботу, спрямовану на підвищення насінневої продуктивності та стійкості ялини європейської.

Подальші дослідження репродуктивних процесів на клонових плантаціях *Picea abies* мають зосереджуватися на кількох ключових аспектах для підвищення ефективності створення та вирощування деревостанів із лісового насіння покращеної селекційної якості. Одним із пріоритетних напрямків є довготривалий моніторинг репродуктивної здатності в різних екологічних умовах. Це дозволить оцінити як кліматичні фактори, зокрема, коливання температури та зміни режиму опадів, впливають на утворення мікростробілів і макростробілів, а також на життєздатність насіння. Необхідно враховувати фізіологічні та біохімічні механізми репродуктивного розвитку клонових дерев. Вивчення гормональної регуляції, розподілу поживних речовин і механізмів реакції на стресові фактори, що сприятиме підвищенню успішності відтворення та покращення якості насіння. Також важливим напрямком є використання клонових плантацій у контексті глобальних змін клімату. Дослідження адаптивних стратегій, зокрема, відбір найбільш стійких генотипів із високою репродуктивною здатністю можуть суттєво підвищити стійкість лісових екосистем на сучасному етапі.

Список використаної літератури

1. Челепіс Т.О., Соловій І.П. Бізнес-моделі ведення лісового господарства на основі надання послуг екосистем: аналіз інноваційних підходів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. № 32 (3). С. 43–48. DOI: <https://doi.org/10.36930/40320307>.
2. Кузнецова О.А., Туренко В.П., Товстуха О.В., Давиденко К.В. Поширеність хвороб і шкідників дерев роду *Ulmus* у лісових смугах уздовж автошляху Київ – Харків. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2023. Вип. 143. С. 102–111. DOI: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.102>.
3. Лозінська Т.П., Задорожний А.І., Мамчур В.В. Стратегії та методи зменшення ризику лісових пожеж та розширення шкідників. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2024. № 1. DOI: [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.021](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.021).

4. Нейко І.С., Юрків З.М., Смашнюк Л.В., Богословська М.С., Єлісавенко Ю.А. Оцінювання впливу погодно-кліматичних чинників на стан і насіннюення ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karst.) фінського походження на клоновій плантації в умовах Вінниччини. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.8. С. 140–146.
5. Leugner J., Jurásek A., Martincová J. Evaluation of the growth and health status of selected clone mixtures in comparison with ordinary planting stock. *CAAS Agricultural Journals*. 2010. Vol. 56 (7). P. 314–322. DOI: <https://doi.org/10.17221/92/2009-JFS>.
6. Осадчук Л.С., Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Шлончак Г.А. Селекційна оцінка плюсових дерев сосни звичайної та їх потомств за смолопродуктивністю. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2015. Вип. 13. С. 120–124.
7. Дишко В., Ошако Т., Боровик П. Комплексне оцінювання потомств клонових насінних плантацій сосни звичайної за ростовими характеристиками та ознаками стійкості в умовах Лісостепу Харківської області. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2023. Вип. 143. С. 61–72. DOI: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.61>.
8. Bredemeier M. Anthropogenic Effects on Forest Ecosystems at Various Spatio-Temporal Scales. *The Scientific World Journal*. 2002. Vol. 2. P. 827–841.
9. Пукман В.В., Гриник Г.Г. Моніторинг ялинових деревостанів: дослідження зв'язків між лісівничо-таксаційними і кліматичними чинниками та їх вплив на санітарний стан. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 21.01. С. 51–63.
10. Фучило Я.Д., Середюк О.О. Ялина європейська у Правобережному Лісостепу України: перспективи використання та вдосконалення способів розмноження. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2018. Вип. 16. С. 81–89.
11. Hänninen H., Slaney M., Linder S. Dormancy release of Norway spruce under climatic warming: testing ecophysiological models of bud burst with a whole-tree chamber experiment. *Tree Physiology*. 2007. Vol. 27 (2). P. 291–300. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/27.2.291>.
12. Kohler M., Kunz J., Herrmann J., Hartmann P., Jansone L., Puhmann H., von Wilpert K., Bauhus J. The Potential of Liming to Improve Drought Tolerance of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. Article 382. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00382>.
13. Nota K., Klaminder J., Milesi P., Bindler R., Nobile A., van Steijn T., Bertilsson S., Svensson B., Hirota S.K., Matsuo A., Gunnarsson U., Seppä H., Väiliranta M.M., Wohlfarth B., Suyama Y., Parducci L. Norway spruce postglacial recolonization of Fennoscandia. *Nat Commun*. 2022. 13 (1). P. 1333. DOI: [10.1038/s41467-022-28976-4](https://doi.org/10.1038/s41467-022-28976-4).
14. Hagman M. Experiences with Norway spruce provenances in Finland. *Silva Fennica*. 1980. Vol. 14 (1). P. 32–39. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.a15002>.

15. Jansson G., Danusevičius D., Grotehusman H., Kowalczyk J., Krajmerova D., Skrøppa T., Wolf H. Norway Spruce (*Picea abies* (L.) H.Karst.). *Managing Forest Ecosystems*. 2013. Vol. 25. P. 123–176. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9_3.
16. Коваль С.А. Вплив рістрегулятивної речовини на вихід обкорінених стеблових живців ялини канадської (форма конічна). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.17. С. 39–43.
17. Radu R.G., Curtu L.A., Spârchez G., Șofletea N. Genetic diversity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*. 2014. Vol. 57 (1). P. 19–29.
18. Prykhodko N.F., Parpan T.V., Prykhodko M.M. Radial increment in European spruce (*Picea abies*) as indicator of sanitary condition of spruce forests in the Ukrainian Carpathians. *Biosystems Diversity*. 2020. Vol. 28 (2). P. 131–138. DOI: 10.15421/012018.
19. Гордієнко М.І., Гузь М.М., Дебринюк Ю.М., Маурер В.М. Лісові культури. Львів: Камула, 2005. 608 с.
20. Сопушинський І.М., Вінтонів І.С. Деревинознавство: практикум [для студ. ВНЗ]. Львів: Вид-во "Ліга-Прес", 2014. 144 с.
21. Дебринюк Ю.М. Фізичні властивості деревини ялини європейської та ялиці білої в лісових культурах Прикарпаття. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2008. Вип. 5. С. 51–56.
22. Телекало Н.В., Матусяк М.В., Прокопчук В.М. Лісівничо-екологічні особливості лісовідновлення та лісорозведення в умовах Поділля: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 184 с.
23. Лазар О.Д. Особливості насінношення клонів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на клоновонасінневих плантаціях у Рівненській обл. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 108–118. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240328>.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Chelepis T.O., Solovii I.P. (2022). Biznes-modeli vedennia lisovoho gospodarstva na osnovi nadannia posluh ekosystem: analiz innovatsiinykh pidkhodiv [*Business models of forest management based on the provision of ecosystem services: analysis of innovative approaches*]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*. № 32 (3). 43–48. DOI: <https://doi.org/10.36930/40320307>. [in Ukrainian].
2. Kuznetsova O.A., Turenko V.P., Tovstuha O.V., Davydenko K.V. (2023). Poshyrenist khvorob i shkidnykiv derev rodu *Ulmus* u lisovykh smuhakh uzdovzh avtoshliakhu Kyiv – Kharkiv [*Prevalence of diseases and pests of *Ulmus* species in forest belts along the Kyiv-Kharkiv highway*]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia – Forestry and agroforestry*. Vol. 143. 102–111. DOI: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.102>. [in Ukrainian].

3. Lozinska T.P., Zadorozhnyi A.I., Mamchur V.V. (2024). Stratehii ta metody zmeshennia ryzyku lisovykh pozhezh ta rozsyrennia shkidnykiv [*Strategies and methods for reducing the risk of forest fires and pest expansion*]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of NUBiP of Ukraine*. № 1. DOI: [https://doi.org/10.31548/dopovidi.1\(107\).2024.021](https://doi.org/10.31548/dopovidi.1(107).2024.021). [in Ukrainian].

4. Neiko I.S., Yurkiv Z.M., Smashniuk L.V., Bohoslovska M.S., Yelisavenko Yu.A. (2016). Otsiniuvannia vplyvu pohodno-klimatychnykh chynnykiv na stan i nasinnienoshnennia yalyny yevropeiskoi (*Picea abies* (L.) Karst.) finskoho pokhodzhennia na klonovii plantatsii v umovakh Vinnychchyny [*Assessment of the impact of weather and climatic factors on the condition and seed production of European spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) of Finnish origin on a clone plantation in the Vinnytsia region*]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*. Vol. 26. 140–146. [in Ukrainian].

5. Leugner J., Jurásek A., Martincová J. (2010). Evaluation of the growth and health status of selected clone mixtures in comparison with ordinary planting stock. *CAAS Agricultural Journals*. Vol. 56 (7). 314–322. DOI: <https://doi.org/10.17221/92/2009-JFS>. [in English].

6. Osadchuk L.S., Fuchylo Ya.D., Sbytna M.V., Shlonchak H.A. (2015). Seleksiina otsinka plusovykh derev sosny zvychnoi ta yikh potomstv za smoloproduktyvnistiu [*Selection assessment of plus trees of Scots pine and their offspring for resin productivity*]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy – Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. Vol. 13. 120–124. [in Ukrainian].

7. Dyshko V., Oshako T., Borovyk P. (2023). Kompleksne otsiniuvannia potomstv klonovykh nasinnykh plantatsii sosny zvychnoi za rostovymy kharakterystykamy ta oznakamy stiikosti v umovakh Lisostepu Kharkivskoi oblasti [*Comprehensive assessment of the offspring of clonal seed plantations of Scots pine based on growth characteristics and resistance traits in the conditions of the Forest-Steppe of the Kharkiv region*]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia – Forestry and agroforestry*. Vol. 143. 61–72. DOI: <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.61>. [in Ukrainian].

8. Bredemeier M. (2002). Anthropogenic Effects on Forest Ecosystems at Various Spatio-Temporal Scales. *The Scientific World Journal*. Vol. 2. 827–841.

9. Pukman V.V., Hrynyk H.H. (2010). Monitorynh yalynovykh derevostaniv: doslidzhennia zviazkiv mizh lisivnycho-taksatsiiny my i klimatychnymy chynnykamy ta yikh vplyv na sanitarnyi stan [*Monitoring of spruce stands: study of the relationships between forest inventory and climatic factors and their impact on the sanitary condition*]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*. Vol. 21. 51–63. [in Ukrainian].

10. Fuchylo Ya.D., Serediuk O.O. (2018). Yalyna yevropeiska u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy: perspektyvy vykorystannia ta vdoskonalennia sposobiv rozmnozhenia [*European spruce in the Right-Bank Forest-Steppe of*

Ukraine: prospects for use and improvement of reproduction methods]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*. Vol. 16. 81–89. [in Ukrainian].

11. Hänninen H., Slaney M., Linder S. (2007). Dormancy release of Norway spruce under climatic warming: testing ecophysiological models of bud burst with a whole-tree chamber experiment. *Tree Physiology*. Vol. 27 (2). 291–300. DOI: <https://doi.org/10.1093/treephys/27.2.291>.

12. Kohler M., Kunz J., Herrmann J., Hartmann P., Jansone L., Puhlmann H., von Wilpert K., Bauhus J. (2019). The Potential of Liming to Improve Drought Tolerance of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Frontiers in Plant Science*. Vol. 10. Article 382. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00382>. [in English].

13. Nota K., Klaminder J., Milesi P., Bindler R., Nobile A., van Steijn T., Bertilsson S., Svensson B., Hirota S.K., Matsuo A., Gunnarsson U., Seppä H., Väliiranta M.M., Wohlfarth B., Suyama Y., Parducci L. (2022). Norway spruce postglacial recolonization of Fennoscandia. *Nature Communications*. 13 (1): 1333. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28976-4>. [in English].

14. Hagman M. (1980). Experiences with Norway spruce provenances in Finland. *Silva Fennica*. 14(1). 32-39. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.a15002>. [in English].

15. Jansson G., Danusevičius D., Grotehusman H., Kowalczyk J., Krajmerova D., Skrøppa T., Wolf H. (2013). Norway Spruce (*Picea abies* (L.) H.Karst.). *Managing Forest Ecosystems*. 25. 123–176. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9_3. [in English].

16. Koval S.A. (2013). Vplyv rostoregulatyvnoi rehovyny na vykhid obkorinenykh stblovykh zhyvtsiv yalyny kanadskoi (forma konichna) [*Effect of growth-regulating substance on the output of rooted stem cuttings of Canadian spruce (conical form)*]. *Naukovyi Visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*. 23.17. 39–43. [in Ukrainian].

17. Radu R.G., Curtu L.A., Spârchez G., Șofletea N. (2014). Genetic diversity of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*. 57 (1). 19–29. [in English].

18. Prykhodko N.F., Parpan T.V., Prykhodko M.M. (2020). Radial increment in European spruce (*Picea abies*) as indicator of sanitary condition of spruce forests in the Ukrainian Carpathians. *Biosystems Diversity*. 28 (2). 131–138. DOI: <https://doi.org/10.15421/012018>. [in English].

19. Hordiienko M.I., Huz M.M., Debryniuk Yu.M., Maurer V.M. (2005). Lisovi kultury [*Forest cultures*]. Lviv: Kamula. [in Ukrainian].

20. Sopushynskiy I.M., Vintoniv I.S. (2014). Derevynoznavstvo: praktykum dlia stud. VNZ [*Wood science: practical guide for university students*]. Lviv: Liga-Press. [in Ukrainian].

21. Debryniuk Yu.M. (2008). Fizychni vlastyvoli derevyny yalyny yevropeiskoi ta yalytsi biloï v lisovykh kulturakh Prykarpattia [*Physical properties of*

European spruce and silver fir wood in forest cultures of Prykarpattia]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*. 5. 51–56. [in Ukrainian].

22. Telekalo N.V., Matusiak M.V., Prokopchuk V.M. (2021). *Lisivnycho-ekolohichni osoblyvosti lisovidnovlennia ta lisorozvedennia v umovakh Podillia: monohrafiia [Silvicultural and ecological aspects of forest regeneration and afforestation in Podillia: monograph]*. Vinnytsia: TVORY. [in Ukrainian].

23. Lazar O.D. (2021). *Osoblyvosti nasinnienoshnennia kloniv sosny zvychainoi (Pinus sylvestris L.) na klonovonasinniovykh plantatsiakh u Rivnenskkii obl. [Features of seed-bearing of Scots pine (Pinus sylvestris L.) clones in clonal seed orchards of Rivne region]*. *Ahroekolohichniy zhurnal– Agroecological Journal*. 3. 108-118. [in Ukrainian].

ANNOTATION

REPRODUCTIVE PROCESSES IN CLONAL PLANTATIONS OF EUROPEAN SPRUCE OF FINNISH ORIGIN IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE FORESTRY

The study examines the peculiarities of reproductive processes in clonal plantations of European spruce (Picea abies (L.) Karst.) of Finnish origin in the context of sustainable forestry. The research is based on the analysis of generative structures' formation, specifically microstrobili and macrostrobili, as well as the general physiological state of trees in the plantation. The findings contribute to the development of effective forestry strategies aimed at mitigating the adverse effects of climate change and ensuring the long-term sustainability of spruce plantations.

The study was conducted in 2023 in the Lityn Forestry District (Vinnytsia Forestry Branch, Ukraine). A comprehensive assessment of the reproductive potential of spruce clones was carried out, with a focus on the intensity of microstrobili and macrostrobili formation. The results indicate significant variability in reproductive traits among different genotypes. The average intensity of microstrobili formation across all studied genotypes was 4.4 points, with maximum values reaching 5 and minimum values dropping to 0. The deviation ranged from 0.4 to 1.5, and dispersion varied from 0.2 to 2.2. The most stable and highly reproductive genotypes included E1020, E11, E1156, and E269, which demonstrated minimal fluctuations in reproductive intensity and consistently high values. Similarly, macrostrobili formation exhibited variability among genotypes. The average macrostrobili formation score was 3.5, with maximum values reaching 5 and minimum values of 0. The highest reproductive stability was observed in clones E11, E253, and E268, which showed minimal deviation and dispersion. The findings indicate that genotypic differences significantly influence reproductive potential and should be considered when selecting material for clonal plantations. The overall physiological condition of trees in the clonal plantation was also assessed. The health index averaged 1.1 points, with maximum values reaching 5.0 and a minimum of 1.0. Most genotypes exhibited stable physiological conditions, indicating favorable growth conditions and proper plantation management. However, certain genotypes demonstrated higher variability in health status, suggesting the need for additional monitoring and adaptive silvicultural practices. The results confirm that the use of selected, highly productive genotypes in clonal plantations can significantly improve reproductive efficiency, ensuring the sustainability of spruce forests.

Key words: *clonal plantations, reproductive processes, European spruce, forestry, selection, productivity, genetic diversity.*

Table 3. Lit. 23.

Інформація про авторів

Нейко Ігор Степанович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція» (21036, м. Вінниця, вул. Праведників Світу, 39. e-mail: ihor_neyko@ukr.net).

Матусяк Михайло Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісового та садово-паркового господарства факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3).

Разанов Сергій Федорович – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового та садово-паркового господарства факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3).

Разанова Алла Михайлівна – доктор філософії з екології, старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: razanovaalla68@gmail.com).

Мудрак Галина Василівна – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Вінницький національний аграрний університет, (м. Вінниця, galina170971@ukr.net)

Neyko Ihor – Doc., senior researcher of SE «Vinnytsia Forest Research Station» (21036, 39, Pravednykiv Svit St., Vinnytsia. e-mail: ihor_neyko@ukr.net).

Matusiak Mikhailo – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry and Horticulture, Faculty of Ecology, Forestry and Horticulture, Educational and Scientific Institute of Agricultural Technologies and Nature Management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsya, Soniachna st. 3. e-mail: mikhailo1988@gmail.com).

Razanov Serhii – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forestry and Horticulture, Faculty of Ecology, Forestry and Horticulture, Educational and Scientific Institute of Agricultural Technologies and Nature Management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsya, Soniachna st. 3. e-mail: razanov@vsau.vin.ua).

Razanova Alla – PhD (Ecology), Senior Lecturer of the Department of Forestry and Horticulture, Faculty of Ecology, Forestry and Horticulture, Educational and Scientific Institute of Agricultural Technologies and Nature Management of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsya, Soniachna st. 3).

Mudrak Halyna – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection, Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia city, galina170971@ukr.net).