

УДК 630*165.754:630*3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.149.2.35>

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА РЕПРОДУКТИВНІ ФУНКЦІЇ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ФІНСЬКОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ ВІННИЧЧИНИ

Нейко І.С. – д.с-г.н.,

старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства,

Вінницький національний аграрний університет

orcid.org/0000-0002-4473-540X

Оцінено вплив кліматичних змін на стан та формування репродуктивних органів 25-річних клонів сосни звичайної фінського походження. Дослідження проведені на клоновій плантації у кліматичних умовах центральної частини України (Вінницька область). Щеплені саджанці сосни звичайної фінського походження було переміщено у південному напрямку на відстань понад 1500 км. Кліматичні умови Вінниччини, у які переміщено клони відрізнялися підвищенням середніх та максимальних температур на 3,3-3,6 °C а також зростанням середніх температур у холодний період та підвищенням мінімумів на 2,1-2,3 °C. Клімат розташування плантації характеризувався найбільш суттєвим зростанням середніх температур у квітні та травні (5,3-5,8 °C), що значною мірою вплинуло на інтенсивність утворення мікростробілів та макростробілів. Відношення суми опадів до суми температур знизлося більш ніж у двічі. На клоновій плантації було проведено аналіз приживлюваності клонів фінського походження та насінневого потомства місцевої популяції, оцінювання інтенсивності їх росту (висота, діаметр), стану (категорія стану) та репродуктивних процесів (інтенсивність утворення мікростробілів та макростробілів). В умовах зміни клімату більшість клонів фінського походження характеризувалися вищою інтенсивністю цвітіння у порівнянні із місцевою популяцією. Окремі клони фінського походження (E80 та E729) переважали місцеву популяцію за насінною продуктивністю. За комплексним аналізом приживлюваності, енергії росту та репродуктивної здатності найкращими показниками відрізнялися клони фінського походження E80, E1883 та E2254. Низька адаптивна здатність була відмічена у клонів E2312, K634 та K801. За результатами проведених досліджень встановлено, що зміна кліматичних умов не суттєво вплинула на приживлюваність, розвиток та стан клонів. Відбулася активізація інтенсивності утворення мікростробілів та шишок. Підтверджена висока життєздатність та якість отриманого насіння сосни звичайної фінського походження, вирощеного в умовах Фінляндії.

Ключові слова: клонова плантація, мікростробіли, макростробіли, енергія росту, насінношення.

Neyko I.S. Climate change impact on morphometric characteristics and reproductive functions of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of Finnish origin in condition of Vinnytsia region

The impact of climate change on the condition and formation of reproductive organs of 25-year-old clones of Scots pine of Finnish origin was assessed. The studies were conducted on a clonal seed orchard in the climatic conditions of the central part of Ukraine (Vinnytsia region). Grafted Scots pine seedlings of Finnish origin were moved southward for a distance of over 1500 km. The climatic conditions of the Vinnytsia region, to which the clones were moved, were characterized by an increase in average and maximum temperatures by 3.3-3.6 °C, as well as an increase in average temperatures in the cold period and an increase in minimum temperatures by 2.1-2.3 °C. The climate of the seed orchard's location was characterized by the most significant increase in average temperatures in April and May (5.3-5.8 °C), which significantly affected the



© Нейко І.С., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0

intensity of microstrobili and macrostrobili formation. The ratio of precipitation to temperature decreased more than twice. The survival rate of clones of Finnish origin and seed progeny of the local population was analyzed on the clonal seed orchard, and their growth intensity (height, DBH), condition (condition category) and reproductive processes (intensity of microstrobili formation and macrostrobili formation) were assessed. Under climate change conditions, most clones of Finnish origin were characterized by higher flowering intensity compared to the local population. Individual clones of Finnish origin (E80 and E729) outperformed the local population in seed productivity. According to a comprehensive analysis of survival rate, growth energy and reproductive ability, the best indicators were distinguished by clones of Finnish origin E80, E1883 and E2254. Low adaptive capacity was noted in clones E2312, K634 and K801. According to the results of the conducted studies, it was found that the change in climatic conditions did not significantly affect the survival, development and condition of the clones. The intensity of microstrobil formation and cones was activated. The high viability and quality of the obtained seeds of Scots pine of Finnish origin, grown in the conditions of Finland, was confirmed.

Key words: *clonal seed orchard, microstrobils, macrostrobils, growth energy, seed bearing.*

Актуальність теми дослідження. Клонові лісонасінневі плантації є одним із основних джерел для отримання селекційно покращеного насіння підвищеної селекційної якості. Плантаційне лісове насінництво набуло інтенсивного розвитку впродовж останніх десятиліть. Перші клонові лісонасінневі плантації були створені у Скандинавських країнах, зокрема, у Швеції та набули значного поширення як у європейських країнах так і у світі загалом. Основні наукові розробки були направлені на: дослідження оптимальних умов для створення лісонасінневих плантацій; оптимального представництва генотипів; технологій вирощування; підвищення репродуктивних процесів та заготівлі насіння [1-3, 7, 8]. Незважаючи на певні протиріччя важливість створення лісонасінних плантацій є підтвердженим фактом у більшості країн де ведеться лісове господарство.

Основна функція плантацій це отримання насіння високої генетичної якості. У зв'язку із цим головним завданням є підвищення репродуктивної здатності дерев. Насіннева продуктивність дерев в урожайні роки залежить від багатьох факторів, зокрема, кліматичних умов, впливу біотичних агентів [2, 4-6]. Періодичність плодоношення дерев закладена на генетичному рівні що зумовлює повторність урожайних років через певні періоди часу. Біолого-екологічні та генетичні особливості деревних порід, умови середовища а також вплив кліматичних чинників є основними факторами, які визначають періодичність та інтенсивність плодоношення.

Постановка проблеми. Існуючі плантації, як і більшість лісових насаджень зазнають негативного впливу факторів середовища. Більшість питань, які стосуються зменшення негативної дії біотичних факторів, у тому числі, шкідників уже вирішено. Зокрема, використовуються ряд заходів, які дають можливість успішно боротися із шкідниками та хворобами, які поширюються на плантаціях. Водночас, на сьогоднішній день не розроблено оптимальних концепцій щодо управління плантаціями в умовах кліматичних змін. До кінця не з'ясовано, як саме кліматичні зміни вплинуть на стан генотипів та їх репродуктивну здатність. Є припущення, що глобальні кліматичні зміни, які пов'язані із поступовим зростанням температур у найближчому майбутньому не будуть мати значного впливу на лісонасінневі плантації. У той же час ж плантації будуть більш надійним джерелом постачання насіння ніж природні популяції. Плантації 1,5-2 генерації, створені за результатами перевірки напівсібсового та сібсового потомства у різних умовах середовища, перевіреного у різних умовах середовища будуть більш стійкими в умовах кліматичних змін [9].

Проте, у більшій мірі на стан клонів та їх репродуктивну здатність можуть вплинути не стільки глобальні кліматичні зміни як аномальні підвищення температури впродовж вегетаційного періоду, частота яких зростає в умовах глобального потепління. Проведені дослідження вказують на те що в умовах загального підвищення температур буде зростати інтенсивність цвітіння дерев. Зазначається, що саме температурний режим та температурні екстремуми мають суттєвий вплив на утворення репродуктивних органів. У той же час насіння, вирощене у південних умовах може бути не придатним для використання у північних регіонах. З метою активізації насінневої продуктивності більшість насінневих плантацій сосни звичайної у Фінляндії були розташовані у південній частині країни. Дослідження насінневого потомства отриманого із плантацій не показало зниження його життєздатності при переміщенні у північному напрямку [10, 12].

У зв'язку із цим надзвичайний інтерес викликає дослідження репродуктивних процесів на клонових плантаціях, закладених у різних кліматичних умовах. Такі об'єкти дають можливість змодельовати вплив змін клімату на репродуктивну здатність генетично ідентичних рослин. Клонові насінні плантації сосни звичайної фінського походження були закладені у 1992 році у Вінницькій області (центральна частина України) науковцями Науково-дослідного інституту лісу Фінляндії (METLA) та ДП «Вінницька лісова науково-дослідна станція» (Україна) [3, 4, 6]. Такі ж плантації було створено у Фінляндії. Сьогодні це унікальні об'єкти, які дають можливість дослідити вплив глобальних кліматичних змін на морфометричні характеристики, стан та репродуктивні процеси переміщених генотипів.

Методика досліджень. Дослідження проведені на клоновій плантації сосни звичайної фінського походження, закладеної в умовах Вінницької області (Центральна частина України). Плантація була закладена у 1992-1993 роках за схемою розташування клонів 5 x 5 м. Загальна площі плантації – 2,0 га. Аналіз кліматичних умов розташування плантацій в Україні та Фінляндії проведено за допомогою бази даних клімату Wordclim [11]. Аналіз кліматичних умов проведено як за багаторічними середньорічними даними так і за багаторічними середньомісячними показниками. Між цими показниками нами визначено основні відмінності. При аналізі значна увага приділялася кліматичним показникам вегетаційного періоду а також періоду формування репродуктивних органів у рослин.

Дослідження морфологічних параметрів, стану та репродуктивної здатності клонів сосни звичайної фінського походження проводили впродовж 2011-2025 років. На клоновій плантації також представлено насінневі потомства сосни звичайної місцевого походження, що дало можливість провести порівняльний аналіз морфометричних характеристик, стану та репродуктивних функцій. Для кожного дерева визначали висоту, діаметр стовбура, ширину крони та кут відходження гілок від центральної осі стовбура. При цьому використовували стандартні прилади та інструменти. Статистичні розрахунки, визначення головних компонент (Principal Component Analysis, PCA analysis) проводили за допомогою програми R-статистика. Інтенсивність утворення мікро, макро- стробілів та насінношення визначали окомірно за бальною шкалою (від 0 балів до 5-ти балів). Оцінювання стану дерев проводили за удосконаленою методикою, розробленою науковцями УкрНДІЛГА [7].

Результати досліджень. Клонову плантацію сосни звичайної фінського походження створено в умовах Вінницької області (центральна частина України) за південною межею природного ареалу поширення сосни звичайної. Репродуктивний матеріал – щеплені сіянці переміщено у південному напрямку із Фінляндії

в Україну на відстань більш ніж 1500 км. Щеплені рослини висаджено в умовах Вінниччини, які характеризуються зміною, кліматичних умов, температурного режиму, зволоження ґрунтового покриття та інших умов навколишнього середовища.

Зміна кліматичних умов, у яких висаджено клони сосни звичайної фінського походження характеризується вищими середніми та максимальними температурами на 3,3-3,6 °С а також вищими середніми температурами у холодний період та мінімумами на 2,1-2,3 °С. Збільшення суми опадів в умовах Вінниччини є найбільш суттєвим у найвологішому та найтеплішому кварталі року на 22-37 мм. Співвідношення суми опадів до суми температур за ГТК Селянінова в умовах Вінниччини зменшується майже у двічі. Різниця середньомісячних температур знаходиться у межах 1,4-5,8 °С та є найбільш значною у квітні та травні (5,3-5,8 °С). У ці ж місяці є найбільші відмінності у мінімальних температурах (5,0-5,1 °С). Найбільша різниця максимумів спостерігається у квітні та вересні (6,1-6,7 °С). Якщо наприкінці літа та осінню (серпень-листопад) сума опадів за місяць переважає у Фінляндії (на 16-32 мм), то у весняні місяці (квітень-травень) сума місячних опадів є більшою в умовах України (14-37 мм). Значення ГТК має найбільшу різницю у весняний (квітень) та осінній період (жовтень). У ці місяці співвідношення опадів до температур в Україні зменшується у два-три рази.

Найбільша різниця середніх, максимальних та мінімальних температур у квітні-травні має значний вплив на утворення макро- та мікростробілів а також на процеси перезапilenня дерев на клонівій плантації в умовах України.

Клонова плантація сосни звичайної фінського походження була створена на весні 1992 року. На плантації представлено 30 клонів фінського походження та саджанці сосни звичайної місцевого походження.

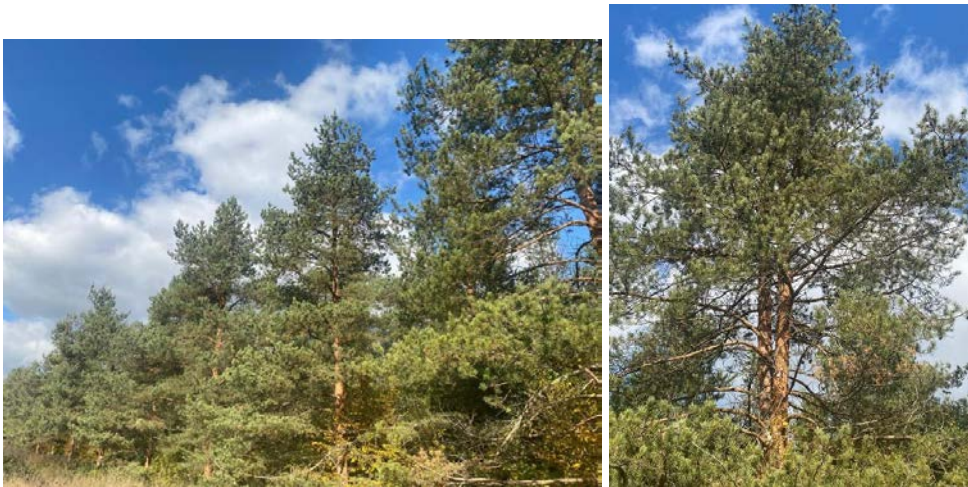


Рис. 1. Клонова плантація сосни звичайної фінського походження, Вінницька область (Літинське лісництво)

Плюсові дерева, які були використані для створення плантації, переважно були зосереджені у південній частині Фінляндії. Найбільш північне розташування мали дерева K292, K917, K919 (Pieksänmaa). У південній частині були локалізовані

плюсові дерева E80 (Heinola), E1591 (Taipalsaari). Близько третини плюсових дерев на час відбору у Фінляндії мали понад 100 років.

Дослідження на клоновій плантації сосни звичайної фінського походження в Україні проводили періодично із часу її закладання з 1993 по 1999 роки. Регулярне вивчення стану, цвітіння та репродукції проводиться починаючи із 2012 року. На даний час клони фінського походження характеризуються високою адаптивною здатністю до зміни умов середовища. Збереженість дерев на плантації є досить високою та у середньому становить 94,8%. Найнижчий показник збереженості у клону E2312 – 66,7%.

У місцевої популяції відмічено найвищу інтенсивність росту за висотою (10.6 ± 5.6 м). Схожою енергією росту характеризується генотип фінського походження E1883 (10.4 ± 0.8 м). Найвищі показники діаметру у локальної популяції (29.5 ± 1.1 см). Значними діаметрами характеризуються генотипи фінського походження E2209 (27.2 ± 2.9 см) та E1883 (25.7 ± 1.6 см). Місцева популяція відрізняється найбільшими параметрами за шириною крони (54 ± 9.0). Інтенсивним розвитком крони характеризуються також генотипи фінського походження E2209 (7.7 ± 0.9 м), E2254 (7.1 ± 1.5) та K294 (7.2 ± 1.3).

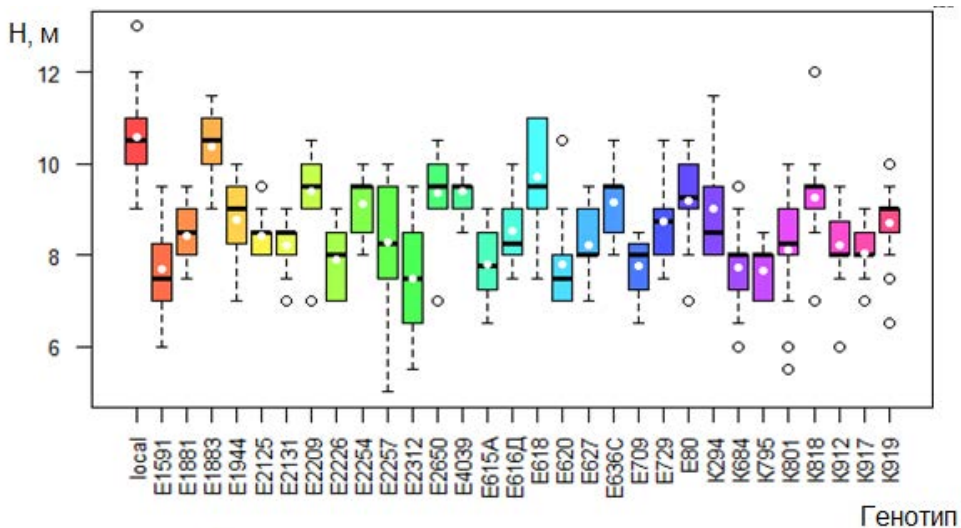


Рис. 2. Розподіл генотипів сосни звичайної фінського походження та місцевої популяції за висотою

За аналізом основних компонент найбільшою мінливістю відрізняються такі показники як діаметр, висота та ширина крони. Їх частка у структурі першої головної компоненти є найвищою. Кут відходження гілок та вік хвої відрізнялися незначною мінливістю. Частка цих показників є найвищою у складі другої головної компоненти. У другій головній компоненті вік хвої характеризується найвищою мінливістю. За результатами кореляційного аналізу найбільш тісні зв'язки виявлені між шириною висотою клонів та діаметром ($r=0.70$), шириною крони та діаметром ($r=0.61$). За результатами кореляційного аналізу найбільш тісні зв'язки виявлені між шириною висотою клонів та діаметром ($r=0.70$), шириною крони та діаметром ($r=0.61$).

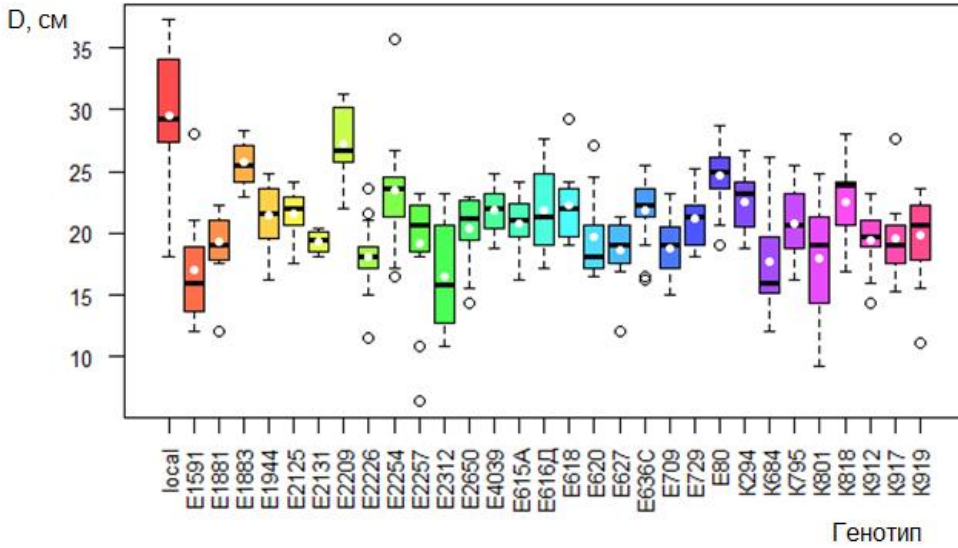


Рис. 3. Розподіл генотипів сосни звичайної фінського походження та місцевої популяції за діаметром

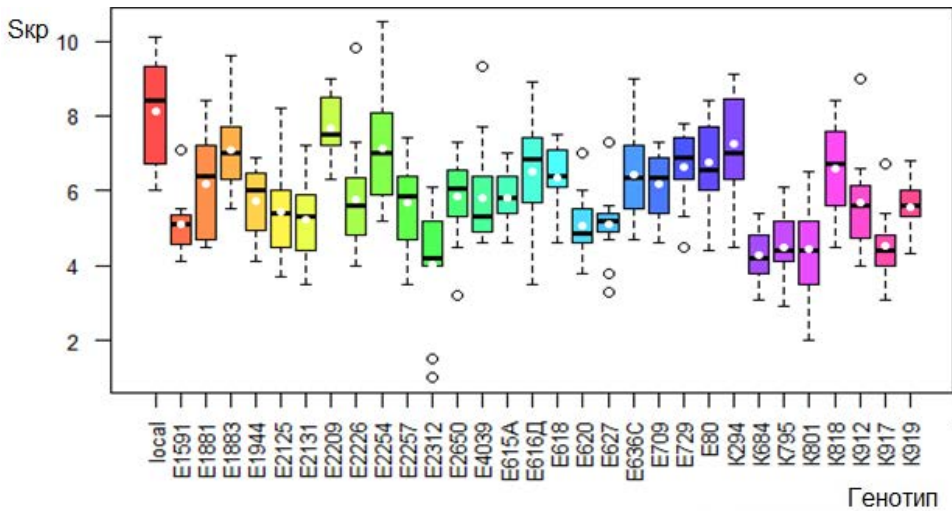


Рис. 4. Розподіл генотипів сосни звичайної фінського походження та місцевої популяції за шириною крони

За морфологічними параметрами дерев частка першої головної компоненти становить 45.7%. Друга та третя головні компоненти становлять відповідно 20.4% та 18.7%. Найменша частка припадає на третю та четверту головні компоненти – 9.7% та 5.5%.

Таблиця 1

**Розподіл головних компонент мінливості морфологічних характеристик
клонів сосни звичайної фінського походження**

Показник	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4	ГК5
Висота	0,5482	0,2645	0,0954	0,5462	0,5674
Діаметр	0,5877	0,1876	0,0502	0,1173	0,7766
Ширина крони	0,5407	0,0827	0,0339	0,7910	0,2719
Кут нахилу гілок до осі стовбура	0,2062	0,4742	0,8411	0,1582	0,0110
Вік хвої	0,1385	0,8143	0,5290	0,1926	0,0286

Середня категорія стану клонів сосни звичайної становить 1.5 бали. Найкращим станом (1.2-1.3) характеризувалися клони Е80, Е627, Е2125 та місцева популяція. Значно нижча середня категорія стану (1.8) відмічена для клонів Е4039, К912, К917.

Інтенсивність утворення мікростробілів у клонів змінюється за роками від 2,5 до 4,5 балів та у середньому становить 3,9 балів. Інтенсивність утворення мікростробілів місцевої популяції була нижчою ніж у частини фінських клонів. У більшості років динаміка утворення мікростробілів сосни звичайної фінського походження та місцевої популяції була синхронною. Найвищою інтенсивністю утворення чоловічих репродуктивних органів впродовж останніх 5-ти років відрізнялися клони Е80, Е2226 та Е2209. Середній бал утворення мікростробілів цих клонів становив 4,2-4,3. Середня інтенсивність утворення мікростробілів місцевої популяції становила 3,8 бали. Середній бал насінношення впродовж останніх 6-ти років був вищим у клону Е80 та у місцевої популяції (2.7-2.8 бали). Клон Е80 зберігав високу репродуктивну здатність впродовж більшості років спостереження.

Основними показниками адаптації клонів в умовах зміни клімату є ріст та розвиток дерев, стан та репродуктивні процеси. Для комплексної оцінки успішності адаптації нами використано такі показники дерев як: збереженість, діаметр, висота, стан, утворення мікростробілів та макростробілів.

За комплексною оцінкою генотипів найвищим рейтингом характеризувалася місцева популяція (загальна сума балів становила 13). Високими показниками відрізнялися клони фінського походження: Е80, Е1883, Е2254 та Е618 (загальна сума балів становила 24-35 балів). Клони фінського походження Е1591, К801, К634 та Е2312 мали найнижчий рейтинг (сума балів 103-112). У загальній структурі оцінок більшість клонів фінського походження за рівнем утворення мікростробілів переважали місцеву популяцію. Вищу, або рівну насінневу продуктивність у порівнянні із місцевою популяцією мали клони Е80 та Е729. Найнижчою репродуктивною здатністю за інтенсивністю утворення мікростробілів та шишок характеризувалися клони Е615А та К917.

Отже, отримані нами дані вказують на добру приживлюваність та добрий розвиток більшості клонів фінського походження в умовах зміни клімату. Нами не відмічено значного погіршення стану клонів фінського походження у порівнянні із місцевою популяцією. Інтенсивність утворення мікростробілів клонів фінського у більшості випадків є вищою за місцеву популяцію. Це співпадає із висновками науковців, які вважають що переміщення дерев у південному напрямку збільшує

інтенсивність їх цвітіння. Особливу увагу заслуговують клони сосни звичайної фінського походження (E80, E729), які характеризуються такими ж або вищими показниками насінневої продуктивності як місцева популяція.

Таблиця 2
Ранжування клонів сосни звичайної фінського походження та дерев місцевої популяції за станом, енергією росту та репродуктивною здатністю (ранги)

Генотип	D	H	S крони	КС	♂	♀	Разом
E80	4	8	6	2	2	1	24
E615A	15	26	16	3	7	12	80
E618	8	3	11	3	4	5	35
E620	19	25	26	5	4	4	84
E627	26	19	24	4	7	10	96
E636C	9	9	10	2	8	9	48
E661/E616D	10	15	9	4	5	3	47
E709	25	27	13	4	2	10	82
E729	14	13	7	3	5	2	47
E1591	30	29	25	3	6	5	103
E1881	23	16	12	5	6	6	74
E1883	3	2	5	4	6	7	28
E1944	13	12	18	4	3	7	59
E2125	12	17	22	4	5	10	74
E2131	22	21	23	1	5	7	80
E2209	2	4	2	5	6	9	29
E2226	27	24	17	3	3	4	79
E2254	5	10	4	4	4	4	32
E2257	24	18	19	6	7	8	89
E2312	31	31	31	3	6	10	120
E2650	17	6	14	4	3	8	55
E4039	11	5	15	7	1	7	47
K294	6	11	3	6	6	9	44
K634	29	28	30	5	9	10	112
K795	16	30	28	3	9	8	95
K801	28	22	29	6	8	10	110
K818	7	7	8	6	6	5	40
K912	21	20	20	7	5	9	85
K917	20	23	27	7	7	11	96
K919	18	14	21	5	7	5	1
Local	1	1	1	1	6	2	13

Примітка: кращий показник оцінено 1, ранжування показників проведено від 1 до 30; D – середній діаметр, P – середня висота, S – ширина крони; КС – категорія стану, ♂ – утворення мікростробілів; ♀ – утворення макростробілів.

Загалом, генотипи можуть по-різному відреагувати на зміну кліматичних умов. У нашому випадку виявлено ряд клонів, які виявилися більш стійкими (E80, E1883, E2254) та менш стійкими (E2312, E1591, K636, K801) в умовах зміни середовища. Менш стійкі генотипи мають низьку приживлюваність, енергію росту та насіннєву продуктивність.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Клони фінського походження у 25-річному віці на плантації в умовах кліматичних змін зберегли високу адаптивну здатність. Підвищення середніх та максимальних температур на 3,3-3,6 °C а також підвищення середніх температур у холодний період та мінімумів на 2,1-2,3 °C а та зниження відношення опадів до температур у два рази не призвело до погіршення їх стану та енергії росту. При зміні кліматичних умов у клонів фінського походження збереглася висока репродуктивна здатність. Інтенсивність утворення мікростробілів більшості клонів фінського походження була вищою ніж місцевої популяції. За оцінюванням приживлюваності, енергії росту та розвитку а також репродуктивними процесами найкращими характеристиками відрізнялися клони фінського походження E80, E1883, E2254 та E618. Рейтинг цих клонів за цими показниками є найвищим. Найнижча адаптивна здатність була у клонів E1591, K801, K634 та E2312. Найнижча інтенсивність утворення мікростробілів та шишок була у клонів E615A та K917.

Для оцінювання взаємодії генотип-середовище та проведення порівняльного аналізу необхідні дані із плантацій, закладених у Фінляндії. Отримані дані щодо енергії росту та інтенсивності репродукції дадуть можливість більш точно виявити реагування сосни звичайної на глобальні кліматичні зміни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мажула О.С. Ключові моменти розвитку лісового насінництва в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. № 112. С. 132–134.
2. Мажула О.С. Репродуктивні характеристики родинних і клонових насінних плантацій сосни звичайної. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2006. № 109. С. 152–156.
3. Нейко І.С., Колчанова О.В., Монарх В.В., Зленко О.П. Просторовий аналіз репродуктивних процесів на клоновій плантації сосни звичайної фінського походження. *Збалансоване природокористування*. 2018. № 7. С. 28–34.
4. Нейко І.С., Сماشнюк Л.В., Єлісавенко Ю.А. Оцінювання стану та насінношення клонів сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) фінського походження в умовах Вінниччини. *Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць*. 2013. № 23 (18). С. 37–32.
5. Нейко І.С., Сماشнюк Л.В., Лось С.А., Колчанова О.В., Єлісавенко Ю.А. Динаміка формування генеративних органів дуба звичайного на клоновій плантації в умовах Вінниччини. *Лісівнича наука у контексті сталого розвитку: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.*, 29-30 вер. 2015 р. Харків: УкрНДІЛГА, 2015. С. 160–162.
6. Нейко І.С., Юрків З.М. Адаптивна здатність та особливості утворення репродуктивних органів сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) фінського походження на клоновій плантації в умовах Вінниччини. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 1 (58). Т. 1. С. 120–127.
7. Ткач В.П., Лось С.А., Терещенко Л.І., Торосова Л.О., Висоцька Н.Ю., Волосянчук Р.Т. Сучасний стан та перспективи розвитку лісової селекції в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2013. № 123. С. 3–12.
8. Шлончак Г.А., Шлончак Г.В. Ефективність використання клонових плантацій сосни звичайної для потреб лісовідтворення. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009. № 115. С. 65–70.

9. Lindgren D., Karlsson B., Andersson B., Prescher F. Swedish seed orchards for Scots pine and Norway spruce. *Proceedings of a Seed Orchard Conference: 2007: Proceedings from a conference, 26-28 September 2007. Umeå, Sweden, 2007.* P. 142.
10. Pulkkinen P., Haapanen M., Mikola J. Effect of southern pollination on the survival and growth of seed orchard progenies of northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) clones. *Forest Ecology and Management.* 1995. Vol. 73 (1-3). P. 75–84.
11. WorldClim – Global Climate Data. 2026. Available at <https://www.worldclim.org/>
12. Wu, D., Pulkkinen, P., Pappinen, A. et al. Frost hardiness of Finnish plus tree progenies of Scots pine from seed orchards in Finland and Ukraine. *Eur J Forest Res.* 142, 1467–1477 (2023).

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026
