



Л. І. ТЕРЕЩЕНКО, С. А. ЛОСЬ, Є. А. ГУБІН

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПОТОМСТВ ПЛЮСОВИХ ДЕРЕВ СОСНИ
ЗВИЧАЙНОЇ ЗА 36-РІЧНИЙ ПЕРІОД У ЗАДОНЕЦЬКОМУ ЛІСНИЦТВІ
(ХАРКІВСЬКА ОБЛАСТЬ)**

Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

Дослідження особливостей розвитку потомств плюсових дерев (ПД), відібраних за фенотипом, сприяє кращому розумінню спадкової складової та удосконаленню методичних підходів до їхнього оцінювання. Метою роботи було порівняти показники сібсів і півсібсів ПД сосни звичайної впродовж 36-річного періоду у випробних культурах Задонецького лісництва ДП «Зміївське лісове господарство» Харківської області. У 13 років диференціація потомств за ростовими показниками була більшою, ніж у 36 років. Більшість потомств у 36-річному віці росли на рівні контролю, але за висотою частка родин з вищими за контроль балами на ділянці сібсів була на 15 % більшою, а за діаметром – на 25 % меншою, ніж на ділянці півсібсів. У 36 років частка мінусових дерев у варіантах зменшилася у 2,4 разу. Виявлено перспективні плюсові дерева. Запропоновано зниження вимог до якості стовбурів у віці до 15 років.

Ключові слова: *Pinus sylvestris*, випробні культури, сібсові родини, півсібсові родини, збережаність, ріст, якість стовбурів, стан дерев.

Вступ. Селекцію сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) здійснюють за комплексом господарсько-цінних ознак: швидкістю росту; стійкістю до хвороб, шкідників, несприятливих чинників довкілля; смолопродуктивністю; якістю деревини; продуктивністю тощо. З метою розвитку плантаційного насінництва виду в деревостанах відбирають плюсові дерева. Такий відбір здійснюють за фенотиповими ознаками, що зумовлює необхідність перевірки цих дерев за потомством із подальшим вибракуванням тих екземплярів, потомство яких характеризується повільним ростом, низькими якістю або стійкістю.

За даними В. В. Андреєвої (Andreieva 2010) коефіцієнт успадкування h^2 висоти сосни звичайної з віком збільшувався і у 27 років сягав 0,60. За іншим джерелом (Jansons et al. 2009) у віці 14–33 років значення коефіцієнта h^2 за висотою становило 0,45, за діаметром – 0,14. Шведськими дослідниками виявлено значну генетичну варіативність за висотою серед потомств сібсів, h^2 у 9–19 років становив 0,16 (Abrahamsson et al. 2012).

Не менш важливим із селекційного погляду є оцінювання півсібсових потомств за якісними показниками. Дослідження 40-річних випробних культур на Волині показало, що кількість кращих нормальних і плюсових, а також мінусових дерев у потомствах зменшилася, при цьому здатність до швидкого росту зберегли 27 % родин (Andreieva et al. 2020). У Латвії виявлено, що для товщини гілок показник h^2 в середньому становив 0,14, а для висоти до першої живої гілки – 0,20 (Jansons et al. 2009). У Швеції з метою непрямого генетичного покращення стабільності форми пиломатеріалів сосни звичайної шляхом неруйнівного визначення на живих деревах досліджували сібсові потомства 39-річного віку і виявили, що кут волокна (GRA) під корою є найкращою діагностичною ознакою скручування та викривлення пиломатеріалів ($r_A = 0,84$ та $0,62$ відповідно) (Fundova et al. 2020). Водночас високі від'ємні генетичні кореляції між ознаками росту та властивостями деревини, отримані Zh. Hong зі співавторами (Hong et al. 2014), свідчать про необхідність використання декількох ознак під час селекційного відбору з урахуванням економічної складової.

Польські вчені зауважують (Chmura et al. 2012), що результати дослідження потомств часом допомагають вибракувати найгірші популяції, а не відбирати найкращі. На необхідність випробування родин на інтенсивність росту та продуктивність протягом не менше ніж 20 років вказують вчені (Krynyskiy et al. 2006b, Raevsky et al. 2020), оскільки генетичні параметри можуть змінюватися з часом навіть після 30-річного віку (Zhelev & Evtimov 2017). Водночас визнано можливим отримати достовірні результати успадкування інтенсивності росту материнських дерев під час випробування потомств сосни звичайної

до 8–10-річного віку (Krunytskyu et al. 2006a, Turkin 2007). Також існує думка, що попередні результати оцінювання півсібсів можуть бути достовірними, починаючи із 7-річного віку (Raevsky et al. 2020). Тому аналіз особливостей росту й розвитку потомств у часі сприятиме кращому розумінню спадкової складової відібраних за фенотипом дерев та удосконаленню методичних підходів до їхнього оцінювання.

Метою роботи було порівняти показники сібсів і півсібсів ПД сосни звичайної впродовж 36-річного періоду у випробних культурах Задонецького лісництва ДП «Зміївське лісове господарство» (ЛГ).

Матеріали й методи. У Задонецькому лісництві ДП «Зміївське ЛГ» випробні культури півсібсових та сібсових потомств плюсових дерев із п'яти мікропопуляцій Харківської області створено В. В. Митроченко у 1986 р. в умовах свіжого дубово-соснового субору. Однорічні сіянці висаджено на розкорчованій лісосіці під меч Колесова. Через певну неоднорідність умов площу культур було розбито на 13 секцій, у кожній висаджено контроль – рослини, вирощені з насіння виробничого збору Задонецького лісництва. Ділянка складається з 2 частин: сібсової (1,3 га) та півсібсової (0,7 га). Схема розміщення рослин: для сібсових родин – $2,5 \times 1,0$ м, для півсібсових – $2,5 \times 0,75$ м.

Сібсова частина складається з блоків завдовжки до 30 м кожна, де презентовані потомства від спрямованих схрещувань за схемою топкросів (18 плюсових дерев Харківської області). Як запилювачі використано дерева різної інтенсивності росту – швидкорослий 13-Г, повільнорослий 11-з та 7-Г – середньої інтенсивності росту. Початкова кількість висаджених сіянців сібсів становила від 6 до 108 штук. Ростові показники родин порівнювали з відповідним блоковим контролем.

У півсібсовій частині висаджено півсібсові потомства 13 клонів плюсових дерев, зокрема: Зміївського (шифр «з», «зд»), Балаклійського («Б»), Володимирівського («В», «Г»), Мерешанського («М»), Ізюмського («І») лісгоспів Харківської області. Кожен варіант презентований двома 20-метровими рядами, у двох-трьох повтореннях. Контрольний варіант висаджено в кожному блоці.

Загальна кількість наявних нині варіантів на сібсовій ділянці – 45 (початково висаджено 69), на півсібсовій – 20 (висаджено 24). Оцінювання збережуваності проведено у 1989, 1998 (Tereshchenko 2004) та 2020–2021 рр., біологічний вік дерев становив 3, 13 та 36 років відповідно. У 2021 р. була повністю обстежена ділянка сібсів і половина ділянки півсібсів. Решту варіантів півсібсів планували обстежити навесні 2022 року. Проаналізовано варіанти, де мінімальна кількість живих дерев дорівнювала 3, на сібсовій ділянці таких варіантів виявилось 38, на півсібсовій – 19.

У потомствах проведено суцільний облік дерев із визначенням ростових показників, якісних характеристик і стану. Висоту дерев визначали за допомогою електронного висотоміра, діаметр стовбура – мірною вилкою (на висоті 1,3 м від поверхні ґрунту). Мінливість показників оцінювали за шкалою С. О. Мамаєва (Мамаєв 1973). Показник прямоствобурності розраховували як частку живих дерев з прямими стовбурами відносно загальної кількості живих дерев у варіанті. Визначення стану у варіантах (індекс стану) базувалося на розподілі дерев за категоріями стану та визначенні середньозваженого показника (Volosyanchuk et al. 2003). Селекційну категорію й прямизну стовбура дерев визначали відповідно до Методики сорто випробування (Methods of forest trees varietal testing 2019). За цією ж Методикою отримані показники оцінювали в балах (табл. 1).

Підсумкове оцінювання варіантів здійснювали на основі суми балів за такою шкалою придатності для створення продуктивних і стійких насаджень: 1) малоперспективні (5–9 балів); 2) порівняно перспективні (10–14 балів); 3) перспективні (15–20 балів).

З 2004 р. ділянка випробних культур сосни стала підпорядкована НПП «Гомільшанські ліси». Останній раз догляд за культурами на цій ділянці проведено у 2000 р. Інтенсивність природного зрідження визначали за часткою сухостійних і повалених дерев. Збережуваність

потомств визначали як відношення кількості живих дерев на час останнього обстеження до їхньої початкової кількості, виражене у відсотках.

Таблиця 1

Шкали комплексного оцінювання варіантів

Бали	Інтенсивність росту за висотою	Інтенсивність росту за діаметром	Якість стовбурів (частка дерев із прямими стовбурами), %	Стан, бали
1	поступаються контролю на 10,1 % і більше	поступаються контролю на 30,1 % і більше	0–10,0	4,5–5,0
2	поступаються контролю на 4,1–10,0 %	поступаються контролю на 10,1–30,0 %	10,1–20,0	3,5–4,4
3	на рівні контролю, різниця до $\pm 4,0$ %	на рівні контролю, різниця до $\pm 10,0$ %	20,1–30,0	2,5–3,4
4	перевершують контроль на 4,1–10,0 %	перевершують контроль на 10,1–30,0 %	30,1–40,0	1,5–2,4
5	перевершують контроль на 10,1 % і більше	переважають контроль на 30,1 % і більше	> 40,0	1,0–1,4

Критерій конкурентної напруги K_2 у насадженні (або умовний середній збіг стовбурів) розраховували за методикою Г. С. Разіна (Razin 1988), згідно з якою $K_2 = D/H$. Деревостани, у яких критерій конкурентної напруги $K_2 < 0,95$, належать до перегушених та з напруженою конкуренцією.

Завдяки наявним польовим матеріалам попереднього суцільного обстеження культур (1998 р.) проведено подеревне зіставлення ростових характеристик усіх некронованих дерев варіантів у віці 13 і 36 років (подеревна вибірка).

Для порівняння підходів до аналізу отриманих результатів способами суцільного обліку дерев і подеревної вибірки використано кореляційний аналіз. Із метою оцінювання сили зв'язку використано шкалу Чеддока: r від 0 до 0,3 – дуже слабка сила зв'язку, від 0,3 до 0,5 – слабка, від 0,5 до 0,7 – середня, від 0,7 до 0,9 – висока, від 0,9 до 1 – дуже висока.

Результати та обговорення. За критерієм конкурентної напруги K_2 випробні культури у віці 13 років не належали до перегушених та з напруженою конкуренцією ($K_2 = 1,6$). У 36-річному віці K_2 становив 1,2, тобто насадження не було перегушеним, але близьким до такого. Водночас густина культур була нерівномірною – на ділянці були наявні мікропідвищення без дерев.

Презентованість контролю у випробних культурах – 11 % (середня), збережуваність у 36 років на сібсовій і півсібсовій ділянках – 32,7 та 22,9 % відповідно.

Початково на сібсовій ділянці висаджено 2029 сіянців. У 3-річному віці збереглися 74,6 % від цієї кількості, у 13 років – 50,2 %, у 36 років – 36,7 %. Втрачено 9 варіантів, у 9 випадках залишилися 1–2 дерева. Частка варіантів із презентованістю 10 і більше дерев упродовж періоду спостережень зменшилася від 87 до 41 % (рис. 1).

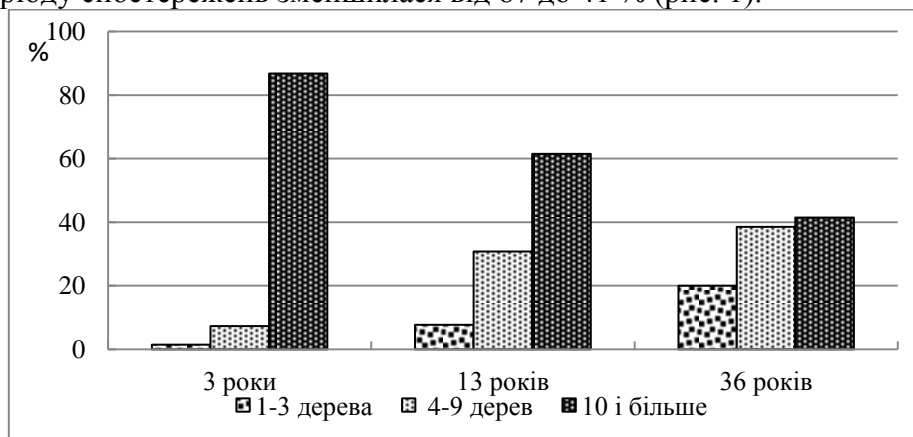


Рис. 1 – Розподіл потомств на сібсовій ділянці за часткою дерев, які збереглися

На ділянці півсібсів висаджено 4 320 сіянців. У 3-річному віці від цієї кількості зберіглося 51,2 %, тобто найбільший відпад рослин відбувся в перші роки. Водночас завдяки 2–3-кратній повторності у варіантах залишалось не менше ніж 50 дерев. До 13-річного віку загинуло ще 27 % дерев. Динаміка збережуваності потомств обстеженої частини була такою: 3 роки – 41,1 %, 13 років – 33,4 %, 36 років – 23,2 %. Жодне з потомств не було втрачено. У 80 % облікованих у 2021 р. варіантів презентованість дерев була вищою за 10 (10–40 дерев), лише 4 родини (Ск-18, 6-з, 10-з та 506-І) у 13 та у 36 років представлені варіантами з меншою кількістю дерев (4–9).

Збережуваність дерев на сібсовій ділянці у 36 років виявилася кращою (36,7 %), ніж на півсібсовій (23,2 %).

Порівняння показників росту потомств, визначених під час суцільного обліку та подеревної вибірки, засвідчило, що у разі суцільного обліку кращим ростом у 13-річному віці відзначаються потомства півсібсів, проте в 36 років перевага за ростом практично нівелюється (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка росту дерев сосни звичайної на сібсовій і півсібсовій ділянках випробних культур

Суцільний облік						Подеревна вибірка				
Показник	N, шт.	M	m	Min-max	CV, %	N, шт.	M	m	Min-max	CV, %
Сібсова ділянка, 13 років										
H, м	632	5,4	0,05	2,0–5,0	23,3	414	5,5	0,06	2,2–8,0	21,4
D, см	780	8,6	0,11	1,7–17,0	34,2	436	9,0	0,14	1,7–17,0	31,7
Сібсова ділянка, 36 років										
H, м	661	18,5	0,07	4,3–22,5	9,6	414	18,8	0,08	13,0–22,5	8,5
D, см	708	21,8	0,20	8,0–39,2	23,8	436	22,3	0,75	8,3–36,0	22,5
Півсібсова ділянка, 13 років										
H, м	482	5,6	0,05	2,0–7,8	20,6	265	5,6	0,07	2,0–7,8	20,6
D, см	507	8,8	0,12	2,0–15,2	31,6	296	9,1	0,16	2,0–14,5	29,8
Півсібсова ділянка, 36 років										
H, м	339	18,5	0,08	11,5–21,5	8,3	265	18,6	0,08	15,0–21,5	7,4
D, см	373	22,0	0,27	9,6–38,2	23,3	296	22,1	0,23	9,6–38,2	22,9

Визначено дуже сильний зв'язок між середніми значеннями висоти у 13-річному віці ($r = 0,98$ (півсібсова частина)/0,97 (сібсова)) та у 36 років (0,94/0,92), за діаметром у 36 років зв'язок високий для обох частин випробних культур (0,89/0,86) (табл. 3).

Таблиця 3

Кореляційна матриця змінних показників росту для сібсової та півсібсової ділянок випробних культур сосни звичайної

Показник	Півсібсова/сібсова ділянки випробних культур						
	H с.о., 13 р.	D с.о., 13 р.	H с.о., 36 р.	D с.о., 36 р.	H пд.в., 13 р.	D пд.в., 13 р.	H пд.в., 36 р.
D с.о., 13 р	0,81/0,86	×	–	–	–	–	–
H с.о., 36 р	0,39/0,52	–	×	–	–	–	–
D с.о., 36 р	–	0,30/-0,16	0,45/-0,08	×	–	–	–
H пд.в., 13 р	0,98/0,97	–	–	–	×	–	–
D пд.в., 13 р	–	0,94/0,94	–	–	0,84/0,85	×	–
H пд.в., 36 р	–	–	0,94/0,92	–	0,49/0,85	–	×
D пд.в., 36 р	–	–	–	0,89/0,86	–	0,45/-0,12	0,42/-0,12

Примітки. H – середня висота, D – середній діаметр потомств, с.о. – суцільний облік, пд.в. – подеревна вибірка. Величина вибірки: сібсова частина – N = 46 варіантів, півсібсова – N = 29 варіантів.

У 13-річному віці виявлені високий (суцільний облік) та дуже високий (подеревна вибірка) взаємозв'язки між висотами й діаметрами, проте у 36 років для дерев сібсової ділянки зв'язок між цими ознаками є слабким, а півсібсової – дуже слабким.

Аналіз динаміки росту варіантів за висотою виявив зв'язки слабкої та середньої сили у разі суцільного обліку (0,39/0,52), а у разі подеревного обліку – середньої та високої сили (0,49/0,85) (див. табл. 2). У другому випадку чіткіше виявляється спадкова зумовленість цієї ознаки. Водночас для діаметра, навпаки, залежність є слабкою та дуже слабкою, що свідчить про значний вплив умов росту й збережуваності варіантів.

Згідно зі шкалою комплексного оцінювання (див. табл. 1), за інтенсивністю росту потомства розподілено на 5 груп (рис. 2).

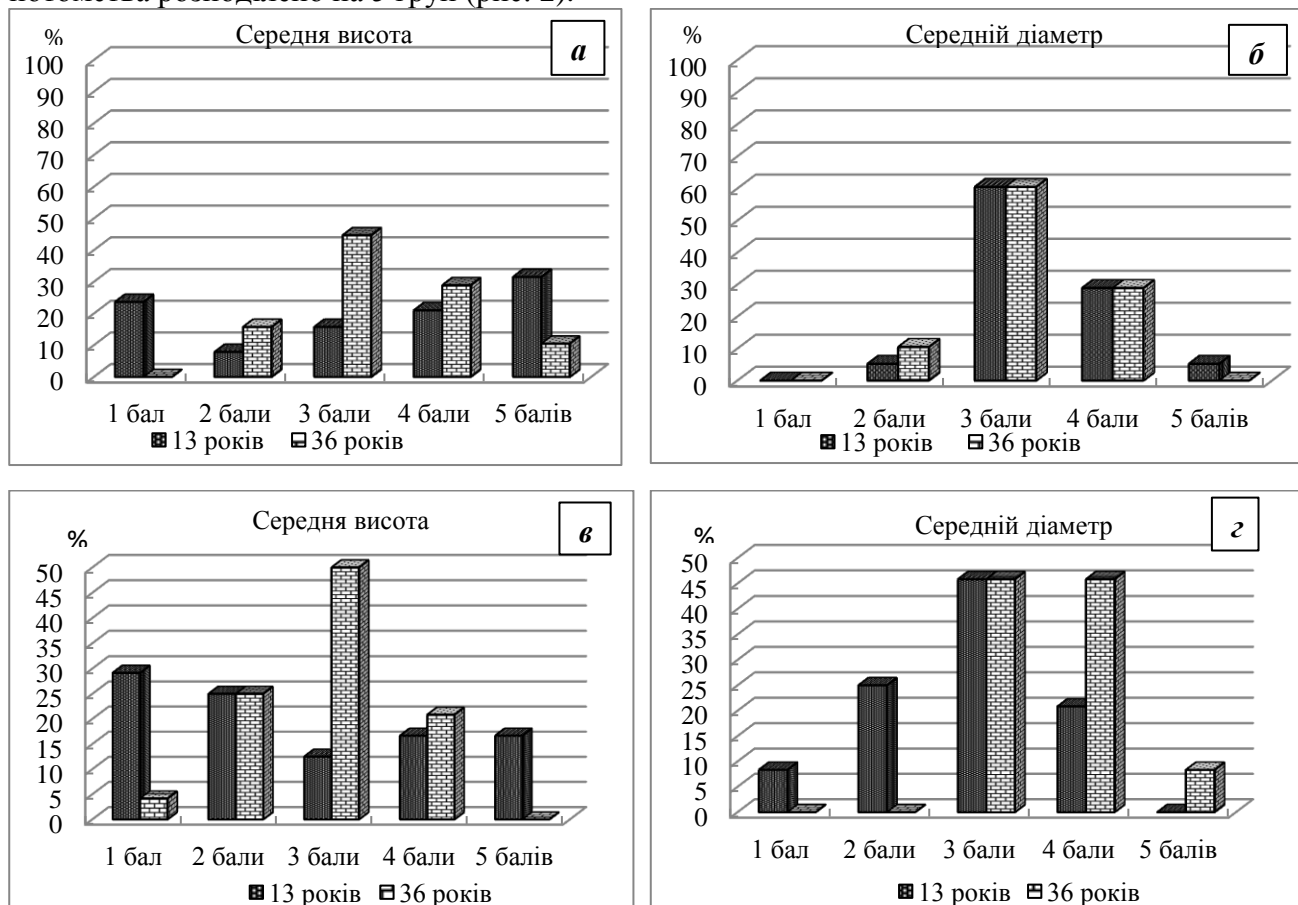


Рис. 2 – Розподіл потомств сосни звичайної за інтенсивністю росту (згідно з бальною шкалою оцінювання) на сібсовій (а, б) та півсібсовій (в, з) ділянках

У 13 років на сібсовій ділянці була наявна значна диференціація потомств за висотою: коефіцієнт варіації (CV) між варіантами – 16 %, у межах варіантів – від 4 до 32 % (в середньому 16 %). Це добре відображено на рис. 2, а, де 53 % варіантів отримали бали «4» та «5», 16 % – «3» бали, а 24 % – «1» бал. У 36-річному віці варіювання між родинами зменшилося у 3,5 разу (CV = 5 %), всередині родин CV знаходився у межах 1–14 % (в середньому – 7 %). Як результат – жодну родину не було оцінено найнижчим балом – «1». На рівні контролю («3» бали) росли 45 % родин, кращими за нього (бали «4» і «5») були 39 %. Таким чином, більшість потомств за висотою росли на рівні контролю або характеризувалися близькими до нього значеннями показників.

Динаміка росту потомств за діаметром на сібсовій ділянці відрізняється від такої за висотою (див. рис. 2, б). Мінливість між варіантами за зазначений період зменшилася вдвічі (з 19 до 9 %), у межах варіантів – з 29 до 20 %. Середні діаметри більшості потомств (61 %) були на рівні відповідного контролю як у 13, так і в 36 років. У старшому віці відсутні

варіанти, які за інтенсивністю росту за діаметром оцінені «1» та «5» балами відповідно. Частка родин із балом «4» становила 29 %.

На ділянці півсібсів значення *CV* для висоти між варіантами дорівнювало 15 % (13 років) та 5 % (36 років), у межах варіантів – у середньому 15 і 6 % відповідно. Мінливість показника до 36 років зменшилася від 17 до 9 % між родинами, від 27 до 21 % у межах варіантів. У 13 років більшість родин за висотою поступалися блоковому контролю (54 % з «1» та «2» балами) (див. рис. 2, в). Проте, як і для ділянки сібсів, надалі варіювання зменшилося – 96 % варіантів були на рівні відповідного контролю або характеризувалися близькими до нього значеннями показників («2», «3», «4» бали).

За діаметром 46 % варіантів росли на рівні відповідного контролю як у 13, так і в 36 років (див. рис. 2, г). У 36 років більше ніж половина (54 %) родин оцінені балами «4» та «5». На відміну від розподілу потомств на сібсовій ділянці, на півсібсовій були відсутні варіанти з балом «2» та наявні з балом «5». Тут також не виявлено родин, які б перевершили контроль за висотою більше ніж на 8 %, водночас за діаметром потомства В-11 і 508-І перевершили контроль варіант на 30 і 37 % відповідно.

Інтенсивність природного зрідження, визначена за часткою сухостійних і повалених дерев, під час останнього обстеження виявилася вищою, ніж під час попереднього, внаслідок припинення доглядів у культурах (рис. 3).

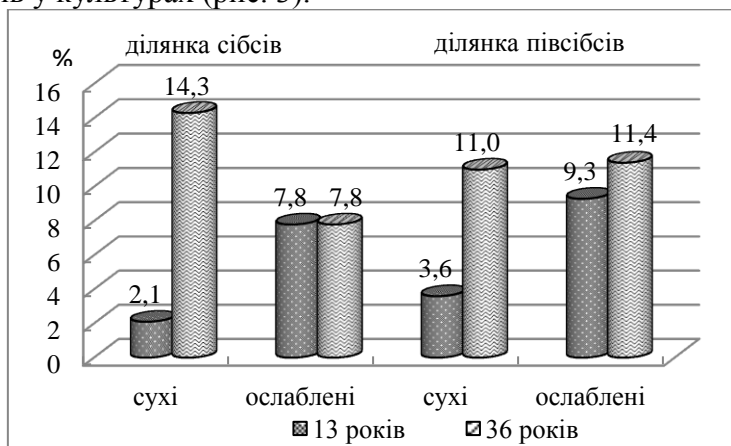


Рис. 3 – Інтенсивність природного зрідження на ділянках випробних культур сосни звичайної у 13 і 36 років

У 13 років зрідження інтенсивніше відбувалося серед півсібсових потомств. На ділянці сібсів частка сухих дерев у 36 років була на 4,3 % більшою, ніж на ділянці півсібсів. Припускаємо, що внаслідок різних схем садіння конкурентні відносини між деревами в рядах сібсів загострилися дещо пізніше, ніж для півсібсів, що призвело до відтермінування загибелі рослин на сібсовій ділянці. Крім того, сібси до 13-річного віку потерпали від кронування на 10 % більше, що в подальшому викликало відпад частини таких дерев.

Зазвичай дерева IV категорії стану з часом гинуть і випадають зі складу насадження. У більшості випадків (81,3 %) подеревний аналіз динаміки стану дерев сосни у випробних культурах це підтвердив. Водночас 12 дерев (9,0 % дерев IV категорії стану) не змінили свій стан; два дерева (1,5 %) покращили його до III категорії та 11 дерев (8,2 %) – до II категорії. Найбільшу кількість дерев, які покращили стан, виявили серед потомств ПД Б-2 – 9 екз. Крім того, зафіксовано по три таких дерева в потомствах Б-4 та М-5, по два – Ск-7, Ск-17. Виявлені факти потребують подальшого детальнішого дослідження.

Балове оцінювання стану сібсових і півсібсових потомств свідчить про дещо кращий стан варіантів у 13-річному віці на сібсовій ділянці, хоча і в 13, і в 36 років переважали варіанти задовільного стану (табл. 4).

Розподіл варіантів на ділянках сібсів та півсібсів за їхнім станом згідно з бальною шкалою оцінювання, %

Ділянка	Категорії стану сібсів, бали					Категорії стану півсібсів, бали				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
13 років	0	0	35,5	26,7	37,8	6,5	6,5	25,8	32,3	29,0
36 років	0	2,2	64,5	33,3	0	0	3,2	61,3	35,5	0

У 13 років випробні культури не вирізнялися доброю якістю стовбурів. Майже у кожного третього дерева виявлено пошкодження верхівкових пагонів комахами, зрідка – дикими хребетними тваринами. Унаслідок цього відбулася заміна верхівок, що зумовило виникнення надалі різною мірою визначеної кривизни, пасинків, вилок, двійчаток, трійчаток тощо. Найчастіше траплялися кривизна, пасинки та вилки. Відмінності між сібсовими та півсібсовими ділянками за якісними показниками стовбурів дерев були практично відсутні, лише частка дерев з вилками та двійчатками в останніх була дещо меншою.

Майже кожне друге дерево у 13-річному віці належало до мінусових (IV селекційна категорія), проте надалі відбулося покращення якісних показників, а частка мінусових дерев зменшилася у 2,4 разу (рис. 4). У 36 років найбільш розповсюдженими вадами в культурах були кривизна та пасинки, при цьому кривих стовбурів на сібсовій ділянці виявилось на 10 % більше. Вилки в кронах (близько 20 % від кількості дерев з вадами) можуть бути наслідками як пошкодження бруньок, так і буревіїв та сніголаму, що вирували в попередні роки. Зокрема, дерев з обламаними верхівками нараховано 1,6 %, а з дугоподібними стовбурами – 3,7 % від кількості обстежених рослин.

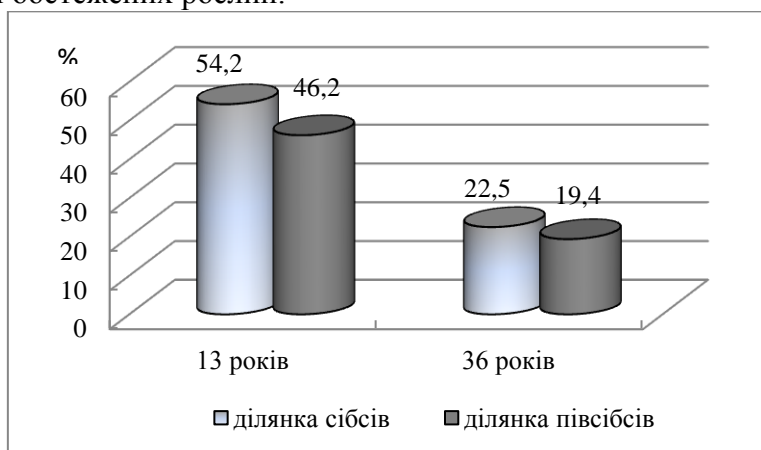


Рис. 4. –Представленість дерев IV селекційної категорії на ділянках у різному віці

Подеревний аналіз виявив, що з віком майже в половини дерев із вадами покращилася якість стовбурів. Дерев, що мали вилки та двійчатки у 13 років, до віку 36 років найчастіше трансформувалися в дерева з пасинками; дерева з пасинками – до категорії дерев із невеликою кривизною стовбура; зворотній перехід відзначено рідше: дерева з пасинками → дерева з вилками; дерева із сухим верхівковим пагоном → дерева з невеликою кривизною; дерева з нахиленою верхівкою переросли у дерева із сильною кривизною. Виразна кривизна стовбурів із віком іноді ставала слабо виявленою. Серед 24 дерев, визначених у 36 років як кандидати в плюсові, у 13 років слабку кривизну або пасинки мали 6 дерев. Враховуючи це, вважаємо, що вимоги до якості стовбурів у віці до 15 років мають бути знижені, з урахуванням ступеня та місця викривлення стовбура, товщини пасинку тощо.

Попри те, що частка мінусових дерев у 36 років зменшилася у 2,4 разу, прямостовбурних сосон виявилось небагато: в середньому для варіантів сібсової ділянки – 12,1 %, півсібсової – 13,9 % (відповідає балу «2» за шкалою оцінювання). Розподіл варіантів за часткою прямостовбурних дерев наведено на рисунку 5.

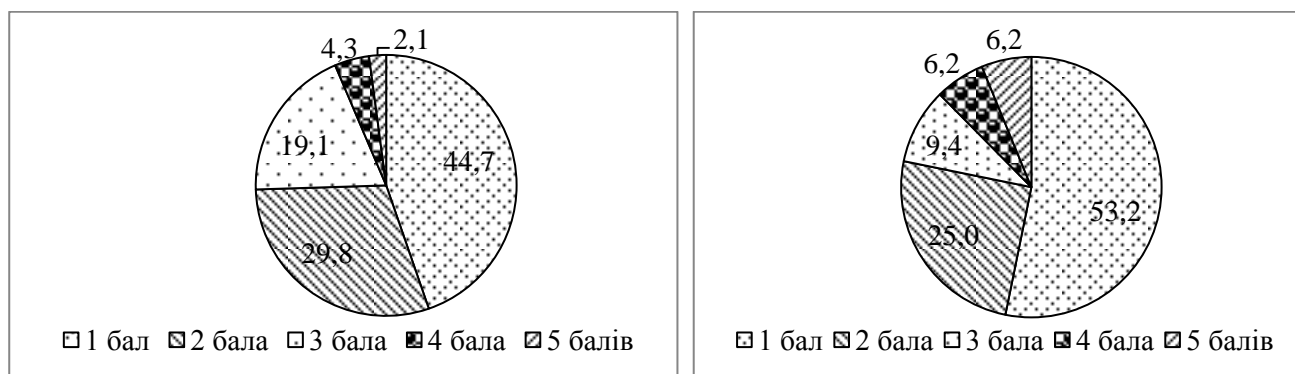


Рис. 5 – Розподіл варіантів сібсів (ліворуч) та півсібсів (праворуч) за якістю стовбурів (у балах) у віці 36 років

У більшості потомств 36-річного віку на обох ділянках частка дерев із прямими стовбурами становила до 20 %. Лише у 26 % потомств на сібсовій та у 22 % на півсібсовій ділянках частка прямоствобурних дерев перевищувала 20 %. До найкращих сібсових родин належать Ск-7×7-Г (38,5 % прямоствобурних дерев), М-2×13-Г(34,3 %) та М-2×7-Г (48,6 %). На жаль, батьківські потомства на півсібсовій ділянці не були презентовані. На ній найбільшу частку прямоствобурних дерев мали 14-М (33,3 %), 25-зд (32,8 %) та 24-зд (29,0 %). Серед контрольних варіантів прямоствобурних дерев виявилось менше ніж 10 %.

Якщо врахувати антропогенний чинник, то серед 19 півсібсових потомств найбільше від кронування потерпали три (508-І, 25-зд, 10-з), а серед сібсових – шість (Ск-19, Ск-18, Ск-7, Б-3, М-5, М-1) із 12 потомств. Це пов'язано з густішими кронами цих клонів. Садивний матеріал клонів згаданих плюсових дерев можна рекомендувати для створення плантацій новорічних ялинок.

За результатами комплексного оцінювання на ділянці сібсів малоперспективним для створення високопродуктивних і стійких насаджень є потомство Б-2×7-Г, яке оцінено 9 балами з потенційних 20. Слід зазначити, що й у 13 років варіант був серед гірших за ростом. Решта потомств увійшли до групи порівняно перспективних (10–14 балів). На ділянці півсібсів відсутні малоперспективні варіанти, найбільшою є кількість порівняно перспективних із сумою балів від 10 до 14. Найбільшою кількістю балів (15) оцінено потомство 25-зд, його віднесено до групи перспективних (якість – «5» балів, стан – «4», інтенсивність росту за діаметром – «4» та за висотою – «2» бали).

Оскільки жодне з досліджених 36-річних потомств у випробних культурах за ростовими показниками не оцінене найвищим балом (у 13 років за висотою таких було на ділянках сібсів та півсібсів 32 і 12 % відповідно, а за діаметром – 11 % на ділянці сібсів), то можна визнати певну стабілізацію ростових процесів після 30 років. Водночас відмінності за якісними показниками збереглися. Наприклад, частка дерев ІV селекційної категорії в потомстві ПД 513-І із віком майже не змінилася і становила 65,4 та 66,7% у 13 і 36 років відповідно, тоді як для інших варіантів вона зменшилася. Тому відбір за якісними ознаками у молодому віці виявився результативнішим. Збережуваність варіанта також є одним із показників, за яким можливо визначати його перспективність. Зокрема потомство ПД Б-4 вирізняється майже вдвічі кращою збережуваністю за середні показники ділянки: у 3 роки – 80,7 % від висаджених сіянців, 13 років – 64,7 %, 36 років – 44,7 %, відповідно середнє на ділянці – 41,1; 33,4 та 23,2 %. Дещо гірша збережуваність потомства Б-4 на сібсовій ділянці зумовлена крайовим розташуванням варіанта, але й тут в 36 років збереглися 38,7 % дерев. Потомство Б-4 характеризувалося також стабільно високими ростовими показниками, що свідчить про оптимальні умови для реалізації спадкових властивостей (високоповнотні деревостани). Це слід враховувати під час створення нових насаджень за участю потомства ПД Б-4. Водночас стан варіантів, як згадувалося вище, залежить від низки абіотичних та біотичних чинників.

Висновки. Випробні культури сосни звичайної за критерієм конкурентної напруги K_2 у 36-річному віці не є перегущеними, але наближаються до такого стану. Завдяки вільнішому розміщенню сіянців на сібсовій ділянці випробних культур збережуваність дерев на ній у 36 років залишилася кращою (36,7 %), ніж на півсібсовій (23,2 %). Інтенсивність природного зрідження у віці 36 років виявилася помірною – більшою за 10 %.

Певні переваги півсібсів за інтенсивністю росту, які були зазначені в 13-річному віці, у віці 36 років не виявлені. Диференціація варіантів за ростовими показниками з віком також зменшилася. Інтенсивність росту більшості потомств у віці 36 років не відрізнялася від контролю; за висотою перевершили контроль 36 % родин сібсів і 21 % півсібсів, за діаметром – 29 та 54 %. відповідно. Виявлено зв'язок середньої (ділянка півсібсів) та високої (ділянка сібсів) сили між висотами потомств у віці 13 та 36 років і слабкої та дуже слабкої – між діаметрами.

Стан більшості варіантів визнано задовільним. З-поміж загальної кількості дерев, які в 13-річному віці характеризувалися показниками IV категорії стану, близько 9 % у 36 років покращили стан. За цей період частка мінусових дерев зменшилася у 2,4 разу, що свідчить про доцільність зниження вимог до якості стовбурів у віці до 15 років.

Відбір за якісними показниками у 36 років виявився результативнішим від відбору за ростовими показниками. Відзначено 9 плюсових дерев, перспективних для створення плантацій новорічних ялинок. Завдяки добрій збережуваності та стабільно високим ростовим показникам рекомендовано використовувати живці плюсового дерева Б-4 для створення КНП II рівня, а його потомство – для створення в умовах свіжого субору продуктивних високоповнотних деревостанів.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Abrahamsson, S., Nilsson, J.-E., Wu, H., Gil, M. R. G., Andersson, B. 2012. Inheritance of height growth and autumn cold hardiness based on two generations of full-sib and half-sib families of *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 27(5): 405–413. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.663403>
- Andreieva, V. V. 2010. Forestry and breeding assessment of Scots pine half-sibs and sibs progenies in the conditions of Western Polissya. Extended abstract of PhD dissertation. Lviv, 20 p. (in Ukrainian).
- Andreieva, V., Voitiuk, V., Kychyliuk, O., Hetmanchuk, A. 2020. Forest-selection evaluation of half-sibs posterities of Scots pine in Volyn region. Lesia Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences, 2 (390): 8–15 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2020-390-2-8-15>
- Chmura, D. J., Rozkowski, R., Chalupka W. 2012. Growth and phenology variation in progeny of Scots pine seed orchards and commercial seed stands. Eur. J. Forest Res., 131: 1229–1243. <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0594-9>
- Fundova, I., Hallingbäck, H. R., Jansson, G., Wu, H. X. 2020. Genetic improvement of sawn-board shape stability in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Industrial Crops and Products, 157: 112939. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112939>
- Hong, Zh., Fries, A., Wu, H. X. 2014. High negative genetic correlations between growth traits and wood properties suggest incorporating multiple traits selection including economic weights for the future Scots pine breeding programs. Annals of Forest Science, 71: 463–472. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0359-3>
- Jansons, Ā., Baumanis, I., Haapanen, M. 2009. Branch traits as selection criteria in Scots pine breeding in Latvia. [Electronic resource]. LLU Raksti, 23(208): 45–56. Available at: <https://lufb.llu.lv/proceedings/n23/5/LLU-raksti-nr23-45-56.pdf> (accessed 02.11.2022).
- Krynytskyy, G. T., Zaika, W. K., Gout, R. T. 2006a. Growth and productivity of half-sibs offspring of Scots pine. Scientific Bulletin of UNFU, 16(3): 52–58 (in Ukrainian).
- Krynytskyy, G. T., Zaika, W. K., Gout, R. T. 2006b. The growth dynamics of Scots pine (*P. sylvestris*) half-sibs offspring in Lviv Roztochya. Scientific Bulletin of UNFU, 16(2): 9–12 (in Ukrainian).
- Mamaev, S. A. 1973. Forms of intraspecific variability of woody plants (on the example of the *Pinaceae* family in the Urals). Moscow, Nauka, 283 p. (in Russian).
- Methods of forest trees varietal testing. Departmental test (New Edition). 2019. [Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Torosova, L.O., Gaida, Y. I., Vysotska, N. Yu. et al.]. Kharkiv, URIFFM, 37 p. (in Ukrainian).
- Raevsky, B. V., Kuklina, K. K., Shchurova, M. L. 2020. Breeding and genetic evaluation of Scots pine plus trees in Karelia. Proceedings of the Karelian Scientific Center of the RAS, 3: 45–59 (in Russian). <http://dx.doi.org/10.17076/eb1163>
- Razin, G. S. 1988. Growth models of different density spruce stands. Forest Science, 2: 41–47 (in Russian).

Tereshchenko, L. I. 2004. The clone of Scots pine seed progenies growth and stem quality in the different years creation test trials. *Forestry and Forest Melioration*, 107: 182–188 (in Ukrainian).

Turkin, A. A. 2007. Testing of the offspring of plus trees of Scots pine (on the example of the Komi Republic). Extended abstract of PhD dissertation. Arkhangelsk, 19 p. (in Russian).

Volosyanchuk, R. T., Los, S. A., Torosova, L. O., Kuznecova, T. L., Tereshchenko, L. I., Neyko, I. S., Grygoryeva, V. G. 2003. Methodological approaches to the estimation of gene pool conservation *in situ* units of the broadleaves tree species and their actual conditions in the Left-bank forest steppe of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 104: 50–57 (in Ukrainian).

Zhelev, P. and Evtimov, I. 2017. Diameter growth and survival of local half-sib families of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Yundola, Bulgaria. *Genetika*, 49(3): 819–829. <https://doi.org/10.2298/GENSR1703819Z>

Tereshchenko L. I., Los S. A., Gubin E. A.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF SCOTS PINE PLUS TREE PROGENIES OVER A 36-YEAR PERIOD IN THE ZADONETSKE FORESTRY IN KHARKIV REGION

Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

Investigation of the plus tree progenies growth and their development characteristics over time will contribute to a better understanding of the hereditary component of phenotype-selected trees and to the improvement of methodical approaches to their evaluation. The aim of the research was to analyse the growth dynamics of the full-sibs and half-sibs offspring of Scots pine plus trees during a 36-year period in the progeny test in the Zadonetske Forestry in the Zmiyiv Forest State Enterprise in Kharkiv region. The differentiation of the progenies according to growth indicators at the age of 13 was greater than at the age of 36. Most of the progenies at the age of 36 years grew at the control level; however, the proportion of the families with higher points than in the control was 15% greater (36%) in height, and 25% less (29%) in diameter in the sib plot than in the half-sib plot. At the age of 36 years, the proportion of minus trees in the variants decreased by 2.4 times. In the study, promising plus trees have been identified. The authors have proposed to reduce the requirements for the quality of trunks under the age of 15 years.

Key words: *Pinus sylvestris*, progeny test, half-sib families, sib families, survival rate, tree growth rate, stem quality, tree condition.

E-mail: larisa_tereshchenko@ukr.net; svitlana_los@ukr.net

Одержано редколегією 21.11.2022