

І. Д. Іванюк<sup>1</sup>, Я. Д. Фучило<sup>1</sup>, М. В. Сбитна<sup>2</sup>, Т. М. Іванюк<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Малинський фаховий коледж, с. Гамарня, Житомирська область, Україна

<sup>2</sup>Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, м. Київ, Україна

<sup>3</sup>Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

## РІСТ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ГЕОГРАФІЧНИХ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА ПІВДНІ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ

Наведено результати досліджень особливостей росту 10 популяцій сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у географічних культурах створених у 1981 році в Боярській ЛДС Київської області до 37-річного віку. Встановлено, що розмах коливання середніх висот у віці 32 і 37 років становив 2,2-2,4 м (коефіцієнт варіації (КВ) – 4,9% і 4,0 % відповідно), а середніх діаметрів стовбурів – 2,0-2,6 см (КВ = 4,6 % і 4,5 %). При цьому варіація продуктивності, внаслідок значного коливання збереженості, має значно більші показники (КВ = 15,7 % і 11,6 %). Застосування методу ANOVA дозволило встановити наявність статистично значущого впливу географічного походження насіння на ріст географічних культур. У 37-річному віці збереженість варіює від 25 % (Львівська провенієнція) до 40,9 % (Гомельська провенієнція). При цьому найбільшою висотою відзначалися популяції із Київської, Львівської, Черкаської та Чернігівської областей. Найвищою інтенсивністю приросту за діаметром виділяються ці ж самі походження, а також варіанти з Волинської та Луганської областей. Серед найгірших за швидкістю росту за висотою і діаметром були популяції з-під Гомеля і Воронежа. Найвищими показниками запасу стовбурової деревини відзначається провенієнція з Чернігівської області, а серед найгірших – з Волинської, Львівської та Воронежської областей. Встановлено, що стабілізація рангів провенієнцій за показниками збереженості, росту та продуктивності спостерігається лише після 21-річного віку. Зроблено припущення, що найбільш точну оцінку росту і стану провенієнцій сосни звичайної можна отримати у віці, який відповідає третині-половині віку головної рубки. Виявлено наявність тренду клінальної мінливості збереженості дерев провенієнцій і середнього діаметра їх стовбурів вздовж географічного (широтного) та екологічного (температурного) градієнтів.

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris* L.; збереженість; висота; діаметр; запас; географічна мінливість.

**Вступ.** Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є одним із найбільш поширених видів лісових деревних рослин в Україні. Загальна площа її природних та штучних насаджень становить 3,2 млн. га, тобто майже третину земель лісового

<sup>1</sup>Іванюк Ігор Дмитрович, доктор с.-г. наук, професор, директор коледжу. E-mail: mltk-1927@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-4969-8783>;

<sup>1</sup>Фучило Ярослав Дмитрович, доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу. E-mail: fuchylo\_yar@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-2669-5176>;

<sup>2</sup>Сбитна Маргарита Вікторівна, канд. с.-г. наук, докторант. E-mail: boyarka\_nauka@ukr/.net; <https://orcid.org/000-0002-9622-7909>;

<sup>3</sup>Іванюк Тетяна Миколаївна, канд. с.-г. наук, доцент, Поліський національний університет. <https://orcid.org/0000-0001-6171-4064>.

фонду країни. Ареал сосни звичайної на території України складається із суцільної (Полісся) та диз'юнктивної (Лісостеп, Степ, Карпати) частин. В останній вид представлений окремими ізольованими (острівними) популяціями вздовж південної межі його ареалу. Широкий спектр лісорослинних умов в межах ареалу сосни звичайної обумовлюють високий рівень внутрішньовидової мінливості морфологічних, фізіологічних, біохімічних, таксаційних ознак, що підтверджується чисельними генекологічними дослідженнями, тобто дослідженнями географічних культур, в яких на однорідному екологічному фоні впродовж тривалого періоду випробовуються потомства географічно віддалених популяцій виду.

Одним із ключових завдань досліджень географічних культур сосни звичайної є ідентифікація популяцій, які за комплексом показників росту і адаптованості можуть бути рекомендовані як джерела насіння для лісовідновлення в певних регіонах [20]. При ідентифікації таких популяцій постає питання оптимального часу діагностики їх росту в географічних культурах. Існують різні точки зору з цього приводу. Одні вважають, що перша оцінка росту провенієнцій може бути дана в 5-7 років, а відносно надійні попередні висновки можуть бути зроблені у 9-11 років. При цьому стверджується, що продуктивність культур стабілізується, як правило, до 30-35 років [21]. König A. [15] зазначає, що вже під час вирощування сіянців різного географічного походження у розсаднику можна оцінити низку ознак, що характеризують адаптованість походження. Однак рання діагностика росту і розвитку провенієнцій можлива лише за наявності високої кореляції цих показників в географічних культурах у молодому і старшому віці. Саме багаторічні дослідження географічних культур дають можливість отримати інформацію такого роду.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сосна звичайна є одним із видів деревних рослин, найбільш вивчених методами генекології [10, 20]. Однак і нині дослідження внутрішньовидової мінливості сосни звичайної в географічних культурах продовжуються в багатьох країнах світу, зокрема в Швеції [2], Фінляндії [13], Латвії [17], Польщі [4, 5, 30], Німеччині [35], Іспанії [22], Боснії і Герцеговині [3, 18], Туреччині [11]. В Україні у минулому столітті створена досить широка мережа географічних культур сосни звичайної (26 культур на площі 166,6 га), де випробовується 1042 популяції [26]. Найдавнішими вважаються культури, закладені В.Д. Огієвським в Собичькому лісництві Шосткинського лісгоспу в 1910-1916 рр. [24, 34]. Перед початком другої світової війни у в Тростянецькому лісництві був закладені цікавий дослід, де представлене потомство популяцій, насіння яких було розподілене на фракції за розміром і кольором [25]. У післявоєнний період було створено низку серій географічних культур, найбільш важливими з них є мережа 1955 року та 1975-1976 р. Результати дослідження цих культур опубліковані як

безпосередніми авторами цих об'єктів, так і координаторами проекту [9, 12, 31, 32, 38]. Більшість із вищезгаданих дослідів охоплюють значні частини ареалу сосни звичайної і у них випробовуються провенієнції, які розташовані відносно далеко одна від одної. Для вивчення більш детальної структури географічної мінливості лісових деревних рослин потрібні локальні географічні культури, в яких представлені відносно близько розташовані їх провенієнції. Таким об'єктом і є географічні культури сосни звичайної, закладені наприкінці минулого століття під Києвом. Окремі аспекти росту провенієнцій в цих культурах в різні часові періоди відображені в низці публікацій [7, 8, 19, 29].

Метою проведених досліджень була порівняльна оцінка росту і продуктивності провенієнцій сосни звичайної в географічних культурах Боярської ЛДС у різні вікові періоди та визначення оптимального часу їх ранньої діагностики.

**Матеріали та методи дослідження.** Об'єктом досліджень були географічні культури сосни звичайної, які закладені у 1981 році у кварталі 62 Дзвінківського лісництва Боярської лісової дослідної станції на площі 2,6 га. У досліді випробовується 10 провенієнцій із південної частини ареалу сосни звичайної в Україні (8), Білорусі (1) і Росії (1) (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Опис місць походження насіння для створення географічних культур сосни звичайної**

№ з/п	Походження			Широта (пн)	Довгота (сх)	Висота н.р.м, м	Грунти
	область	підприємство	лісництво				
1	Волинська	Ковельський ЛГ	Старовижівське, кв. 14	51 <sup>0</sup> 27'	24 <sup>0</sup> 31'	161	дерново-середньо-підзолисті, оглеєні супіщані
2	Житомирська	Поліський ЛГ	Радинське, кв. 40	51 <sup>0</sup> 14'	28 <sup>0</sup> 52'	126	дерново-середньо-підзолисті оглеєні супіщані
3	Чернігівська	Новгород-Сіверський ЛГ	Володимирецьке, кв.10	52 <sup>0</sup> 07'	32 <sup>0</sup> 44'	145	дерново-середньо-підзолисті супіщані

*Продовження таблиці 1*

№ з/п	Походження			Широта (пн)	Довгота (сх)	Висота н.р.м, м	Грунти
	область	підприємство	лісництво				
4	Львівська	Радехівський ЛГ	Радехівське, кв. 41	50 <sup>0</sup> 13'	24 <sup>0</sup> 42'	221	дерново-слабопідзолисті піщані
5	Черкаська			49 <sup>0</sup> 30'	31 <sup>0</sup> 59'	80	

		Черкаський ЛГ	Руськополянське, кв. 44				дерново-слабопідзолисті піщані
6	Київська	Боярська ЛДС	Дзвінківське, кв. 47	50°16'	30°8'	190	дерново-середньо-підзолисті супіщані
7	Сумська	Лебединський ЛГ	Радянське, кв. 48	50°38'	34°40'	114	сірі опідзолені
8	Луганська	Кременський ЛГ	Комсомольське, кв. 36, 42	48°32'	39°28'	110	дерново-слабопідзолисті
9	Гомельська (Білорусь)	Гомельський ЛГ	Приборське, кв. 29	52°27'	30°52'	132	дерново-середньо-підзолисті оглеєні супіщані
10	Воронежська (РФ)	Хреновський ЛГ	Вісленське, кв. 241	51°35'	39°12'	120	дерново-середньо-підзолисті супіщані

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-слабопідзолистий, глинисто-піщаний на флювіогляціальних відкладеннях, а тип лісорослинних умов – свіжий субір (В<sub>2</sub>). Насіння для створення культур було зібране в материнських насадженнях також в умовах свіжого субору.

Дослід був закладений із двома повтореннями. Кожна провенієнція представлена двома ділянками, на яких за схемою 2,0×1,0 м висаджено 444 рослин (12 рядів, у кожному з яких знаходилося 37 посадкових місць). Така схема досліду дозволяє проводити довготермінове випробовування провенієнцій.

Відстань між крайніми провенієнціями по лінії захід-схід становить 1100 км, а з півночі на південь – 500 км.

Амплітуда середньорічних температур повітря дорівнює 2,1°C, тривалості вегетаційного періоду – 14 днів (табл. 2).

В географічних культурах з певною періодичністю проводилися обміри показників росту – висоти і діаметра стовбура на висоті грудей, продуктивності – запас деревини на 1 га, обліки збереженості та інші дослідження з використанням загальноприйнятих методик [27, 33, 36].

Отримані дані опрацьовувалися статистичними даними за допомогою пакету статистичних програм STATISTICA.

Відмінності походження для різних ознак росту перевіряли за допомогою статистичного програмного забезпечення Factorial ANOVA (STATISTICA) і моделі:  $Y_{ijk} = \mu + P_i + R_k + P_i \times R_k + e_{ijk}$ , де  $Y_{ijk}$  –  $ijk$ -те спостереження,  $\mu$  – загальне середнє,  $P_i$  – фіксований ефект  $i$ -го походження,  $R_k$  – випадковий ефект  $k$ -ої реплікації,  $P_i \times R_k$  – випадковий ефект взаємодії між  $i$ -м походженням і  $k$ -ою реплікацією,  $e_{ijk}$  – залишкова помилка  $ijk$ -го спостереження.

## Кліматичні умови регіонів походження насіння

№ з/п	Походження (область)	Середня температура повітря, °С			Сума температур (V-X), °С	Кількість опадів (травень-жовтень), мм	Тривалість сонячного світіння (травень-жовтень), годин	Тривалість вегетаційного періоду, днів
		річна	в січні	в липні				
1	Волинська	8,2	-1,9	19,1	2875	408	1293	206
2	Житомирська	8,1	-2,7	19,8	2800	348	1337	199
3	Чернігівська	7,1	-4,2	19,4	2885	366	1388	196
4	Львівська	8,3	-2,2	19,1	2695	492	1287	205
5	Черкаська	8,8	-2,8	21,3	3040	330	1413	204
6	Київська	8,1	-2,9	20,0	3020	336	1381	204
7	Сумська	7,6	-4,1	20,2	2890	351	1391	194
8	Луганська	8,9	-4,3	22,7	3365	288	1464	208
9	Гомельська (Білорусь)	7,3	-3,5	19,3	2750	378	1321	195
10	Воронежська (РФ)	6,8	-5,8	20,3	2790	345	1285	195

**Результати досліджень та їх обговорення.** В однорічних географічних культурах найбільш інтенсивним ростом у висоту і за діаметром виділялася провенієнція № 5 з Черкаської області (Kalnoi et al, 1983), в той же час місцева популяція характеризувалася слабким ростом за високої збереженості.

До 5-річного віку ранжування провенієнцій за висотою залишалося подібним (коефіцієнт рангової кореляції Спірмена  $r_{1-5} = 0,575$  значущий для  $p < 0,10$ ) (табл.1). Однак уже в 11-річному віці відбулися помітні зміни в ранжуванні провенієнцій у порівнянні з однорічними культурами (коефіцієнт кореляції Спірмена  $r_{1-11} = 0,037$ ) і значно менші у порівнянні з п'ятирічними ( $r_{5-11} = 0,540$ ). Аналіз динаміки рангів провенієнцій у більш старшому віці (21, 32, 37 років) показав, що ранжування, яке склалося у 21-річних культурах, мало змінилося пізніше (коефіцієнти рангів Спірмена  $r_{21-32} = 0,673$ ,  $r_{32-37} = 0,661$ ,  $r_{21-37} = 0,794$  значущі для  $p < 0,05$ ). Враховуючи це, а також те, що коефіцієнти кореляції Спірмена між висотами провенієнцій до 11 років і після 21 років виявилися незначущими, можна стверджувати про певну стабілізацію рангів провенієнцій сосни звичайної за висотою лише після 20 років.

Подібною є динаміка рангів провенієнцій і за діаметром стовбура на висоті грудей. Ранжування провенієнцій за цим показником, яке склалося у 11 років, пізніше суттєво змінилося ( $r_{11-21} = -0,012$ ,  $r_{11-32} = -0,062$ ,  $r_{11-37} = -0,272$ ). Стабілізація порядку ранжування за діаметром стовбура, як і за середньою висотою, спостерігалася лише після 20 років (коефіцієнти рангової кореляції значущі:  $r_{21-32} = 0,879$  для  $p < 0,001$ , а  $r_{21-37} = 0,770$  для  $p < 0,01$ ).

Порядки рангів провенієнцій за збереженістю та запасом деревини, які склалися до 11 років, не збереглися у старшому віці (табл. 3).

Таблиця 3

**Коефіцієнти рангової кореляції Спірмена між ростом, збереженням та запасом походжень**

Вік	1	5	11	21	32	37
Висота (H)						
1	1,000					
5	0,575	1,000				
11	0,037	0,540	1,000			
21	0,018	0,447	0,489	1,000		
32	0,079	0,330	0,061	0,673*	1,000	
37	0,030	0,361	0,251	0,794**	0,661*	1,000
Діаметр на висоті грудей (DBH)						
11			1,000			
21			-0,012	1,000		
32			-0,062	0,879***	1,000	
37			-0,272	0,770**	0,721*	1,000
Збереженість (Surv)						
5		1,000				
11		0,647*	1,000			
21		0,377	0,463	1,000		
32		0,325	0,409	0,671*	1,000	
37		-0,221	-0,091	0,311	0,707*	1,000
Запас (Vol)						
11			1,000			
21			0,474	1,000		
32			0,221	0,891***	1,000	
37			-0,080	0,176	-0,012	1,000

Примітка: коефіцієнти кореляції значущі для: \* -  $p < 0,05$ , \*\* -  $p < 0,01$ , \*\*\* -  $p < 0,001$ .

Певна їх незмінність почала спостерігатися після 20-річного віку географічних культур. Варто зазначити, що сніголом 2012 року найбільш суттєво вплинув на зміну порядку ранжування провенієнцій лише за запасом деревини ( $r_{32-37} = -0,012$ ).

Аналіз показників збереженості, росту та продуктивності провенієнцій сосни звичайної проведено в часовий період стабілізації їх росту, а саме після досягнення географічними культурами 21-річного віку (табл. 4). Для цього періоду розвитку соснових деревостанів характерним є посилення внутрішньовидової конкуренції за світло, воду і елементи мінерального живлення та інтенсивне зріджування насаджень.

Як видно з даних табл. 4 збереженість провенієнцій знизилась за цей період від 25,4 % (Волинь) до 47,2 % (Київ). Варто підкреслити, що ці цифри

відображають не лише інтенсивність природного зріджування, але й частково наслідки сніголому 2012 року.

У 37-річних культурах збереженість коливалася від 25 % (Львівська провенієнція) до 40,9 % (Гомельська провенієнція). У цьому віці найбільшою висотою характеризуються варіанти із Львівської, Київської, Черкаської, Чернігівської областей. Найвищою інтенсивністю радіального приросту виділяються ці ж самі провенієнції, а також варіанти з Волині і Луганська. Серед найгірших за швидкістю латерального і радіального росту впродовж аналізованого періоду варіанти із Гомеля і Воронежа.

Таблиця 4

**Збереженість, ріст і продуктивність географічних культур сосни звичайної**

№	Походження (область)	Збереження, %	Н, м	Д, см	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>
21 рік					
1	Волинська	54,0±3,1	9,8±0,27	10,1±0,15	170
2	Житомирська	68,8±2,9	10,2±0,20	10,2±0,14	180
3	Чернігівська	64,8±2,9	10,9±0,49	10,4±0,16	202
4	Львівська	70,1±2,8	11,0±0,16	10,2±0,13	197
5	Черкаська	64,8±2,9	10,4±0,25	10,8±0,13	176
6	Київська	79,4±2,5	10,3±0,23	9,7±0,14	222
7	Сумська	65,3±2,9	10,2±0,22	9,9±0,13	172
8	Луганська	57,2±3,0	10,0±0,20	9,9±0,16	140
9	Гомельська (Білорусь)	78,8±2,5	10,0±0,22	9,3±0,11	173
10	Воронежська (РФ)	67,4±2,9	10,0±0,17	9,7±0,12	158
32 роки					
1	Волинська	48,7±3,1	15,4±0,32	13,7±0,21	297
2	Житомирська	50,8±3,1	15,4±0,33	14,1±0,23	324

Продовження таблиці 4

№	Походження (область)	Збереження, %	Н, м	Д, см	Запас на 1 га, м <sup>3</sup>
3	Чернігівська	52,1±3,1	16,4±0,31	14,4±0,23	373
4	Львівська	48,7±3,1	15,8±0,34	14,3±0,23	330
5	Черкаська	46,6±3,1	16,3±0,27	14,3±0,22	327
6	Київська	55,7±3,1	15,2±0,33	13,8±0,22	357
7	Сумська	46,0±3,1	14,3±0,41	13,6±0,22	259
8	Луганська	43,9±3,1	14,9±0,22	13,8±0,27	263
9	Гомельська (Білорусь)	66,7±2,9	14,2±0,28	12,4±0,17	320
10	Воронежська (РФ)	53,6±3,1	14,8±0,24	13,1±0,20	299
37 років					
1	Волинська	28,6±2,8	17,6±0,34	16,9±0,26	288
2	Житомирська	34,5±2,9	18,0±0,26	16,7±0,29	308

3	Чернігівська	36,2±3,0	18,3±0,37	16,9±0,29	422
4	Львівська	25,0±2,7	19,2±0,38	17,7±0,33	275
5	Черкаська	28,0±2,8	18,9±0,34	17,2±0,31	277
6	Київська	32,2±2,9	19,0±0,40	16,9±0,32	348
7	Сумська	30,7±2,8	17,6±0,44	16,6±0,27	393
8	Луганська	30,7±2,8	18,1±0,36	17,0±0,31	317
9	Гомельська (Білорусь)	40,9±3,0	16,8±0,30	15,1±0,23	308
10	Воронежська (РФ)	35,6±0,29	17,8±0,30	15,6±0,25	284

За запасом стовбурової деревини найкращою є провенієнція з Чернігівської області, а серед найгірших – з Волинської, Львівської, Воронежської областей.

Якщо порівнювати ріст інорайонних провенієнцій з місцевою, то за середньою висотою у віці 37 років немає жодної популяції, яка достовірно є кращою за місцеву, однак 5 популяцій (Волинь, Житомир, Суми, Гомель, Воронеж) є достовірно гіршими ( $t = 2,10-4,4$ ,  $t_{0,05} = 2,06$ ). За середнім діаметром стовбура також немає провенієнцій, які ростуть краще за місцеву. Достовірно гіршими за цим показником є лише дві провенієнції – з Воронежа і Гомеля ( $t = 3,20-4,57$ ,  $t_{0,05} = 1,96$ ).

Двофакторним дисперсійним аналізом показників росту провенієнцій сосни звичайної виявлено статистично значущий вплив географічного походження на їх ріст за висотою та діаметром у віці 21, 32 і 37 років.

Для оцінки характеру просторової мінливості сосни звичайної проведено кореляційно-регресійний аналіз показників росту провенієнцій у різні вікові періоди (табл. 5).

Таблиця 5

**Коефіцієнти кореляції між ростом походження, збереженістю та географічними координатами, середньорічною температурою повітря та тривалістю вегетаційного періоду**

Вік	Показники	Північна широта	Східна довгота	Середня річна температура	Тривалість вегетаційного періоду
21	Збереженість	0,299	-0,115	-0,333	-0,375
	Висота	-0,049	-0,254	-0,016	-0,000
	Діаметр	-0,329	-0,240	0,443	0,343
32	Збереженість	0,695**	-0,123	-0,572*	-0,475
	Висота	-0,157	-0,328	0,302	0,377
	Діаметр	-0,438	-0,276	0,483	0,465
37	Збереженість	0,675**	0,347	-0,696**	-0,699**
	Висота	-0,591*	-0,209	0,505	0,564*
	Діаметр	-0,611*	-0,369	0,669**	0,675**

Примітка: рівень значущості: \*\*\*  $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ , \* $p < 0,1$ .

Як видно із кореляційної матриці, існує лінійна пряма залежність (позитивна) між географічною широтою місця заготівлі насіння і збереженістю провенієнцій в географічних культурах (у віці 32 та 37 років коефіцієнти кореляції  $r = 0,695$  і  $0,675$  є значущими для  $p < 0,05$ ). Між широтою і довготою та показниками росту навпаки виявлена обернена залежність (як статистично значуща, так і незначуща) – кращим ростом характеризуються популяції з півдня і заходу.

Середньорічна температура повітря і тривалість вегетаційного періоду обернено корелюють зі збереженістю та прямо – з показниками росту.

У процесі регресійного аналізу побудовано низку значущих однофакторних лінійних регресійних моделей, які ілюструють залежність показників збереженості і росту провенієнцій від широти знаходження материнських насаджень, середньорічної температури повітря і тривалості вегетаційного періоду в пункті заготівлі насіння (табл. 6).

Інтерпретація моделей дозволяє стверджувати, що збільшення широти місця заготівлі насіння сосни звичайної на один градус супроводжувалося зростанням показника збереженості у 32-річних географічних культурах на 3,7 %, а у 37-річних – на 2,6 %. В той же час збереженість провенієнцій у віці 37 років знижувалася на 4,6 %, якщо середньорічна температура повітря місцезнаходження джерела насіння збільшувалася на  $1^{\circ}\text{C}$ , та на 0,6 % – коли вегетаційний період в районі заготівлі насіння збільшувався на 1 день.

Таблиця 6

**Результати простої регресії збереженості та діаметра на висоті грудей порівняно з географічними та кліматичними прогностичними змінними**

№ моделі	Аналітична форма моделі	Критерії адекватності і значущості параметрів моделі			
		R <sup>2</sup>	F- критерій Фішера	значення $p <$ для	
				intercept	коефіцієнта регресії (b)
1	Збереженість 32 = - 138,4 + 3,7ПШ	0,483	7,48	0,081	0,026
2	Збереженість 37 = -99,9 + 2,6ПШ	0,456	6,71	0,086	0,032
3	Збереженість 37 = 68,8 - 4,6СРТ	0,484	7,52	0,001	0,025
4	Діаметр 37 = 10,8 + 0,7СРТ	0,448	6,49	0,002	0,034
5	Збереженість 37 = 154,5 – 0,6ТВП	0,488	7,63	0,008	0,025
6	Діаметр 37 = -2,9 + 0,1ГТВП	0,455	6,69	0,709	0,032

Примітка:  $F_{\text{табл.0,05}(1,8)} = 5,32$ ; ПШ – північна широта; СРТ – середня річна температура повітря; ТВП – тривалість вегетаційного періоду.

Також можна з певною обережністю припускати існування у сосни звичайної клінальної мінливості діаметра стовбура на висоті грудей.

Із отриманих регресійних моделей випливає, що збільшення середньорічної температури повітря в місці заготівлі насіння на 1 °С супроводжується ростом середнього діаметра стовбура провінєнцій на 0,7 см, а подовження вегетаційного періоду на 1 день викликає збільшення цього показника на 0,1 см.

Існує думка, що спостереження за географічними культурами доцільно вести щонайменше від однієї третини до половини віку обороту рубки [15]. Наші дослідження теж вказують на те, що рання діагностика (до 10 років) росту популяцій не завжди гарантує надійні остаточні висновки. Подібно до результатів дослідження географічних культур бука, закладених J. Krahl-Urban [14], нами виявлено значний (за шкалою Чеддока) кореляційний зв'язок рангів популяцій сосни звичайної за висотою у віці 5 і 11 років, і помітно слабший між рангами у 5 та, відповідно, 21, 32 та 37 років. Коефіцієнт рангової кореляції за діаметром стовбура для 11 та 21, 32 і 37 років виявився навіть від'ємним. А тому планування, закладка і обстеження «довгострокових» географічних культур сосни звичайної забезпечує більш надійні оцінки і прогнози, ніж культур, створених за «короткостроковим» дизайном.

Популяції, які представлені в досліджених географічних культурах, представляють південну частину ареалу сосни звичайної, як суцільну, так і диз'юнктивну (маргінальну). Ця територія простягається з півночі на південь на 500 км, з заходу на схід – на 1100 км. Багато провенієнцій з цієї частини ареалу сосни впродовж тривалого часу проходили випробовування в низці інших географічних культурах. Так, в географічних культурах 1910-1916 рр., закладених В. Д. Огієвським в Собицькому лісництві Сумської обл., у віці 40 років найкращі деревостани утворила місцева, чернігівська, волинська та білоруська сосна [28]. У 90-річному віці найвищою продуктивністю характеризувалася місцева сосна [34].

Починаючи з 1972 року впродовж 20 років в Харківській і Донецькій областях біля південної межі Лівобережного Лісостепу закладено низку географічних культур, де випробовується 169 провенієнцій сосни звичайної з майже усіх частин її ареалу на території колишнього Радянського Союзу. У результаті багаторічних досліджень цих культур рекомендовано до використання як джерела насіння 11 провенієнцій, серед яких три (черкаська, сумська, київська) подібні за походженням до тих, що випробовуються і в культурах під Києвом [38].

У 1974-1976 роках був реалізований масштабний проект щодо випробування 113 провенієнцій сосни звичайної в 33 локаціях на території колишнього Радянського Союзу [31]. За результатами досліджень динаміки росту 5-20-річних потомств популяцій ареал сосни розділений на 9 частин, одна із яких (Western Continental) охоплює регіон провенієнцій, які випробовуються і в культурах 1981 року під Києвом. І знову ж таки, білоруські і українські походження характеризуються видатним ростом за висотою в більшості

європейських локацій. Все це добре узгоджується із узагальненнями [10] про те що, для трансферу насіння в європейську частину ареалу сосни звичайної найкраще підходять провенієнції з південної Білорусії та західної України.

З огляду на вищесказане, не варто було очікувати значної варіації показників росту провенієнцій в географічних культурах під Києвом. Як бачимо у віці 32 і 37 років (див. табл. 4) розмах коливання середніх висот становить 2,2-2,4 м ( $CV = 4,9\%$  і  $4,0\%$ ), а середніх діаметрів стовбурів – 2,0-2,6 см ( $CV = 4,6\%$  і  $4,5\%$ ). В той же час варіація продуктивності внаслідок значного коливання збереженості є досить відчутною ( $CV = 15,7\%$  і  $11,6\%$ ).

Як відомо, одним із важливих теоретичних і прикладних завдань генекологічних досліджень є ідентифікація характеру мінливості адаптивних і кількісних ознак лісового деревного виду. Починаючи від роботи Langleta [16], яка стала вже класичною і в якій доведено існування майже функціонального зв'язку між тривалістю дня і вмістом сухої речовини у хвої сіянців сосни звичайної різного географічного походження, пізніше дослідженнями географічних культур багатьох видів деревних рослин виявлено клінальну мінливість вздовж географічних (екологічних) градієнтів інших ознак – зимовий колір листя [6], тривалість періоду росту пагона [23], інтенсивність росту за діаметром [37], морозостійкість [1]. Побудовані нами значущі регресійні моделі дозволяють зробити припущення про можливий клінальний характер мінливості виживання походження та діаметра стовбура на висоті грудей. Модель мінливості середньої висоти провенієнцій не характеризується клінальністю. Причина цього, на нашу думку, полягає в тому, що частина популяцій, представлених в експерименті 1981 року, є маргінальними на межі південної межі ареалу сосни звичайної, потік генів між якими внаслідок просторової віддаленості є обмеженим.

**Висновки.** Рання (у віці 11 років) діагностика збереженості, росту і продуктивності провенієнцій сосни звичайної в географічних культурах 1981 р. в Боярській ЛДС під Києвом виявилася неінформативною. Стабілізація рангів провенієнцій за цими показниками спостерігається лише після 21 року. Більш точну оцінку росту і стану сосни звичайної можна отримати у віці, який відповідає третині-половині віку головної рубки.

Незважаючи на відносно невисоку мінливість між провенієнціями за показниками середньої висоти, середнього діаметра стовбура і запасу стовбурової деревини, ефект впливу на них географічного походження насіння є статистично значущим.

Виявлено тренд клінальної мінливості збереженості провенієнцій і середнього діаметра їх стовбурів вздовж географічного (широтного) та екологічного (температурного) градієнтів. Маргінальність популяцій сосни звичайної на південній межі її ареалу, яка супроводжується невисокою

інтенсивністю потоків генів, очевидно обмежує прояв строгої клінальної мінливості ознак у їх потомствах у географічних культурах.

## References

1. Andersson, B., & Fedorkov, A. (2004). Longitudinal differences in Scots pine frost hardiness. *Silvae Genetica*, 53(1-6), 76-80. DOI:10.1515/sg-2004-0014
2. Andersson Gull B., Persson T., Fedorkov A., Mullin T. J. 2018. Longitudinal differences in Scots pine shoot elongation. *Silva Fennica* vol. 52 no. 5 article id 10040. <https://doi.org/10.14214/sf.10040>
3. Ballian D, Šito S. 2017. Analysis of differences of growth and phenology of provenances of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in provenance experiment at Žepče. *Biosyst Divers* 25 (3): 228-235. <https://doi.org/10.15421/011735>.
4. Barzdajn W, Kowalkowski W, Chmura DJ 2016. Variation in growth and survival among European provenances of *Pinus sylvestris* in a 30-year-old experiment. *Dendrobiology* 75: 67-77. <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.075.007>.
5. Chmura D. J., Guzicka M., Rożkowski R. 2021. Accumulation of standing aboveground biomass carbon in Scots pine and Norway spruce stands affected by genetic variation, *Forest Ecology and Management*, Volume 496, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119476>.
6. Cunningham, R. A., Van Haverbeke, D. F. (1991). Twenty-two year results of a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenance test in North Dakota. Res. Pap. RM-298. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 9 p.
7. Fuchylo, Ya., Sbytna, M., Pylypenko, I., Onyskiv, M. (2003). Peculiarities of Scots pine growth in provenance trials in Boyarska FRS. *Scientific Bulletin of NAU*. 63. 249-253.
8. Fuchylo, Ya., Sbytna, M., Matkovska, S. (2014). Scots pine growth specifics in ecological and geographical forest plantations of the first and second generations at the southern part of the Kyiv Polissya. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 12. 113-119.
9. Gyierushins'kií Z. Yu., Krinit's'kií, G. T., Gut, R. T., Bozhok, A. A. (1983). Scots pine provenance trial in the Lviv Roztocze. Lviv Forest Technical Institute publication. 1-47.
10. Giertych M., Oleksyn J. (1992). Studies on genetic variation in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) coordinated by IUFRO. *Silvae Genetica*. 41: 133-143.
11. Gülcü S., Bilir N. 2017. Growth and Survival Variation among Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Provenances, *International Journal of Genomics*, vol. 2017, 7 p. <https://doi.org/10.1155/2017/1904623>
12. Kalnoi, P. G., Zhuk, E. G., Skal'ko, D. I. (1983). The growth of Scots pine seedlings of different geographical origin in the Boyarska FRS (in Russian). In: *Ways to increase the productivity of forests of Ukraine and Moldova*. Kiev: Ukrainian Agricultural Academy. P. 4-8.
13. Kivimäenpää M., Markkanen J-M., Ghimire R.P., Holopainen T., Vuorinen M., and Holopainen J. K. 2018. Scots pine provenance affects the emission rate and chemical composition of volatile organic compounds of forest floor. *Canadian Journal of Forest Research*. 48(11): 1373-1381. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0049>
14. Kleinschmit, J. Svolba J. (1995). Results of the Krahl-Urban beech (*Fagus sylvatica* L.) provenance experiments 1951, 1954 and 1959 in northern Germany. P. 15-34. In: Madsen S.F. (ed.): *Genetics and Silviculture of Beech*. Proc. from the 5th beech Symposium of the IUFRO P.G. P1.10-00, Mogenstrup, 19-24 Sept., 1994. Danish Forest and Landscape Res. Inst., Hørsholm, Denmark.

15. König, A. O. (2005). Provenance research: evaluating the spatial pattern of genetic variation. In: Geburek T., Turok J. (eds.): Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe, Zvolen: Arbora Publischer. 275-333.
16. Langlet, O. (1959). A cline or not a cline, a question of Scots pine. *Silvae Genetica*. 8. 13-22.
17. Matisons R, Schneck V, Jansone D, Bāders E, Dubra S, Zeltiņš P, Jansons Ā. South-Eastern Baltic Provenances of Scots Pine Show Heritable Weather-Growth Relationships. *Forests*. 2021; 12(8):1101. <https://doi.org/10.3390/f12081101>
18. Memišević Hodžić, M., Bejtić, S. i Ballian, D. 2020. Interaction Between the Effects of Provenance Genetic Structure and Habitat Conditions on Growth of Scots Pine in International Provenance Tests in Bosnia and Herzegovina. *South-east European forestry*, 11 (1), 11-16. <https://doi.org/10.15177/see-for.20-03>
19. Mauer, V.M., Zatsarnaia L.V. (1986). Growth and state of Scots pine seed offspring in the ecological and geographical plantation at the Boyarska FRS. Collection of scientific papers. Kiev: Ukrainian Agricultural Academy. 4-10.
20. Molotkov, P.I., Patlai, I.N., Davydova, N.I. et al. (1982). Breeding of forest tree species (in Russian). *Lesnaya Promyshlennost*, Moscow, Russian SFSR.
21. Molotkov, P.I., Patlai, I.N., Davydova, N.I. (1989). Forest seed production (in Ukrainian). Kyiv: Urozhai.
22. Notivol E, Santos-del-Blanco L, Chambel R, Climent J, Alía R. 2020. Seed Sourcing Strategies Considering Climate Change Forecasts: A Practical Test in Scots Pine. *Forests*.; 11(11):1222. <https://doi.org/10.3390/f11111222>
23. Oleksyn, J., Tjoelker, M. G., & Reich, P. B. (1998). Adaptation to changing environment in Scots pine populations across a latitudinal gradient. *Silva Fennica*. 32 (2). 129-140.
24. Patlai, I. N. 1965. Influence of seed provenance on the growth and resistance of Scots pine in trials located in the southern left-bank part of the Ukrainian SSR. Dissertation Abstract. Kiev: Ukrainian Agricultural Academy. 1-28.
25. Patlai, I.M. (1971). Studies of provenance trails of pine in the Trostyanets forestry of Sumy region (in Russian). *Lesovodstvo i Agrolesomelioratsiya*, 27, 135-144.
26. Patlai, I.M., Molotkov, P.I., Hayda, Yu.I. et al. (1994). Permanent forest seed base of the main forestforming and introduced species of Ukraine on the breeding genetic basis (in Russian). VNIITSlesresurs, Moscow, Russia.
27. Pohrebniak, P.S., (1955). Fundamentals of forest typology. Publishing house of AN USSR, Kyiv, Ukraine.
28. Sannikov, G.P. (1959). Peculiarities of the growth of pine plantation depending on the geographical origin of seeds in the Sobichsky forestry of Sumy region (in Russian). *Forest Journal*. № 3.
29. Sbytna, M., Fuchylo, Ya. (2010). Genetic potential of Scots pine populations and its use for improving of the productivity of Kyiv Polissya forests: Monograph. Kyiv: Logos 240 p.
30. Szaban J, Jelonek T, Okińczyc A, Kowalkowski W. Results of a 57-Year-Long Research on Variability of Wood Density of the Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) from Different Provenances in Poland. *Forests*. 2023; 14(3):480. <https://doi.org/10.3390/f14030480>
31. Shutyaev, A. M., Giertych M. (1997). Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genetica*, 46, 332-348.
32. Shutyaev, A. M., Giertych, M. (2000). Genetic subdivisions of the range of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) based on a transcontinental provenance experiment. *Silvae Genetica*, 49(3), 137-151

33. Shvydenko, A.Z., Savych, Yu.N., Strohynsky, A.A., Kashpor, S.N. (eds.) (1987). Normative-reference materials for forest inventory of forests of Ukraine and Moldova (in Russian). Urozhai, Kyiv, Ukraine.

34. Tereschchenko, L.I., Samodai V.P., Moroz V.V. (2008). The current state and prospects of V.D. Ogievsky provenance trials and other breeding objects of Scots pine in the Sobitsky forestry of SE "Shostkinske FE" in the Sumy region (in Ukrainian). URIFFM, Krasnotrostianetzka FSRs. Kharkiv. 126 p.

35. Taeger S, Zang C, Liesebach M, Schneck V, Menzel A. 2013. Impact of climate and drought events on the growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) provenances. *Forest Ecol Manag* 307: 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.053>.

36. Wright, J.W. (1976). *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York, USA.

37. Zhelev, P., Lust, N. (1999). Provenance study of Scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) in Belgium. 1. Evaluation of phenotypical traits. *Silva Gandavensis* (Belgium). 64. 24-36.

38. Zhurova P.T. (2007). The results of 25-year testing of Scots pine climatypes in the pine forests at the steppe boulder in the Ukraine (in Ukrainian). In: *Forest typology in Ukraine: current state, prospects for development*. Proceedings of 11th Pogrebnyak Readings (10-12. Oct. 2007., Kharkiv). Kharkiv: URIFFM. P.124-126.

**I. D. Ivaniuk<sup>1</sup>, Ya. D. Fuchylo<sup>1</sup>, M. V. Sbytina<sup>2</sup>, T. M. Ivaniuk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Malyn Vocational College, v. Hamarnya, Zhytomyr Region, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of bioenergy crops and sugar beets of the NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>3</sup>*Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine*

## **GROWTH AND PRODUCTIVITY OF PROVENANCE TESTS OF SCOTS PINE IN THE SOUTH OF KYIV POLISSYA**

*The results of research on the growth characteristics of 10 populations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in geographic cultures created in 1981 in the Boyarka FRS of the Kyiv region up to the age of 37 are given. It was established that the range of variation of average heights at the age of 32 and 37 was 2.2-2.4 m (coefficient of variation (CV) - 4.9% and 4.0%, respectively), and the average trunk diameters - 2.0-2.6 cm (CV = 4.6% and 4.5%). At the same time, the variation of productivity, due to significant fluctuations in preservation, has significantly higher indicators (CV = 15.7% and 11.6%). The application of the ANOVA method made it possible to establish the presence of a statistically significant influence of the geographical origin of seeds on the growth of geographical crops. At the age of 37, preservation varies from 25% (Lviv provenance) to 40.9% (Gomel provenance). At the same time, populations from Kyiv, Lviv, Cherkasy, and Chernihiv regions were noted to have the highest height. The same origins, as well as variants from the Volyn and Luhansk regions, stand out with the highest intensity of growth by diameter. Populations from Gomel and Voronezh were among the worst in terms of growth rate in terms of height and diameter. The provenance from the Chernihiv region is marked by the highest indicators of the stock of trunk wood, and among the worst - from the Volyn, Lviv, and Voronezh regions. It has been established that the stabilization of provenance ranks according to indicators of preservation, growth and productivity is observed only after the age of 21. It is assumed that the most accurate assessment of the growth and condition of Scots pine provenances can be obtained at an age that corresponds to one-third to one-half of the age of the main cutting. The presence of a trend of clinal variability in the preservation of*

*provenances and the average diameter of their trunks along geographic (latitudinal) and ecological (temperature) gradients was revealed.*

**Key words:** *Pinus sylvestris* L., geographical variability, preservation, height, diameter, reserve, clinal variability.