



ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ НАСАДЖЕНЬ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА ЗРУБАХ В УМОВАХ МАЛОГО ПОЛІССЯ

О. М. Тарнопільська^{1*}, П. Б. Тарнопільський², С. І. Мусієнко³, В. А. Лук'янець⁴

Досліджено особливості природного та штучного лісовідновлення сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на зрубах після проведення середньолісосічних рубок головного користування (смугами 51–100 метрів) у різних типах лісу в умовах Малоого Полісся. Виявлено, що густина самосіву й підросту є більшою в разі попереднього сприяння природному відновленню. На перший, другий і третій роки на таких ділянках з'являється в 3–6 разів більше самосіву, порівнюючи з ділянками, на яких заходи зі сприяння не проводили. Окрім того, 71 % 3-річного самосіву та 57 % 4–5-річного підросту концентруються переважно в борознах, де відсутній трав'яний покрив. Виявлено, що показники середнього приросту за висотою та середня висота лісових культур і природного поновлення віком 10–11 років є близькими за значеннями. Клас бонітету густіших молодняків (понад 40 000 шт. га⁻¹) в умовах свіжого субору на одиницю нижчий, ніж клас рідших (близько 20 000 шт. га⁻¹) в умовах вологого субору. На всіх дослідних об'єктах кількість підросту є достатньою для відтворення високопродуктивних сосняків у регіоні дослідження.

К л ю ч о в і с л о в а : природне поновлення, лісові культури, самосів, міжряддя, борозна, категорія успішності поновлення.

Вступ. Площа природних сосняків в Україні зменшується з кожним роком. У сучасних умовах соснові ліси відтворюють переважно шляхом створення лісових культур (Fuchylo and Ryabukhin, 2011). Зважаючи на процеси деградації та інтенсивного всихання лісів, зокрема сосняків, суттєво зростає актуальність підвищення біологічної стійкості відтворюваних лісових ценозів та їхньої адаптації до глобальної зміни клімату та довкілля (Mihaylichenko and Ustsky, 2016; Davydenko *et al.*, 2021). У цьому контексті особливого значення набуває природне лісовідновлення, за якого витрати зведені до мінімуму (Fuchylo and Ryabukhin, 2011), а ліси формуються стійкішими, ніж штучні насадження, оскільки природне поновлення зазнає жорсткого відбору в певних лісорослинних умовах (Fuchylo and Ryabukhin, 2011; Brichta *et al.*, 2020; Maurer and Kimeichuk, 2020; Zawadzka and Słupska, 2022; Borodavka *et al.*, 2024). Окрім того, потомство місцевих дерев є краще пристосованим до цих умов, ніж сіянці, вирощені в розсадниках і теплицях (Zhezhkun and Zhezhkun, 2017; Tkach and Zhezhkun, 2024). Природне насіннєве поновлення місцевої популяції, яка адаптована до конкретних умов, завжди формує стійкіші насадження, ніж ті, що створюють садивним матеріалом, який часто одержують в інших регіонах. Тому необхідно на більших площах формувати насадження природного походження шляхом проведення лісогосподарських заходів.

У перспективі передбачено поступовий перехід лісового господарства України до наближеного до природи лісівництва. Це – система організації й ведення лісового господарства, за якої досягається безперервне відновлення та формування лісостанів, максимально подібних до природних за структурою й генезисом (Chernyavskyy *et al.*, 2011; Krynytskyi and Lavnyi, 2024).

¹ Тарнопільська Оксана Михайлівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: tarnoks@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4810-8892>

² Тарнопільський Петро Богданович, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: tarnopilsky@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8547-4843>

³ Мусієнко Сергій Іванович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: musienkosergij_les@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

⁴ Лук'янець Володимир Антонович, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: lukyane52@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

* Адреса для кореспонденції: tarnoks@ukr.net

Останнім часом природному відновленню сосни звичайної було присвячено багато робіт вітчизняних науковців (Siruk, 2010; Fuchylo and Ryabukhin, 2011; Ryabukhin, 2011; Fedenyshyn and Mazepa, 2014; Zhezhkun and Zhezhkun, 2017; Maurer and Kimeichuk, 2020; Borodavka *et al.*, 2024), а також науковців європейських країн (Saurasunet *et al.*, 2018; Brichta *et al.*, 2020; Huth *et al.*, 2022; Zawadzka and Słupska, 2022; Miettinen *et al.*, 2024). Аналіз наукових праць свідчить, що у відповідних лісорослинних умовах варто орієнтуватися на природне відтворення соснових лісів у більших обсягах. Водночас необхідно враховувати біологічні особливості сосни, ступінь розвитку трав'яного покриву в різних типах лісу, вплив лісогосподарських заходів на процеси природного відновлення, зокрема організаційно-технологічних елементів систем рубок.

Отже, використання природного відновлення для відтворення соснових лісів є вкрай актуальним. Воно сприятиме підвищенню біоценотичного різноманіття, біологічної стійкості сосняків та їхній адаптації до глобальної зміни клімату. Водночас недостатньо інформації існує стосовно успішності лісовідновлення природним і комбінованим способами на зрубках після проведення суцільнолісосічних рубок головного користування в певних типах лісу.

Мета досліджень – оцінити ефективність лісовідновлення штучним, природним і комбінованим способами на зрубках після проведення середньолісосічних рубок головного користування в умовах Малого Полісся.

Матеріали й методи. Дослідження проведено в лісовому фонді філії «Бродівське лісове господарство», територія якого належить до Малого Полісся, а кількість опадів варіює у межах 641–661 мм на рік (*National Atlas of Ukraine*, 2007). Для дослідження особливостей появи й збереження самосіву сосни звичайної на зрубках, а також стану природного поновлення та лісових культур сосни на штучно відновлених зрубках у 2022 р. було закладено п'ять пробних площ (ПП). Вони розташовані на зрубках після проведення суцільних середньолісосічних рубок 2005–2021 рр. експлуатаційних насаджень сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.).

Першу пробну площу (ПП 1) було закладено в Заболотцівському лісництві (кв. 92, вид. 42.1) в умовах вологого грабово-дубового сугруду (С₃-гдС) на зрубі 2019 р. через 3 роки після проведення рубки (координати – N 50°02'33" E 24°55'00"). Другу пробну площу (ПП 2) закладено в Берлінському лісництві (кв. 86, вид. 3.13) в умовах свіжого дубово-соснового субору (В₂-дС) на зрубі 2018 р. через 4 роки після проведення середньолісосічної рубки (координати – N 50°08'52" E 24°59'19"). На обох пробних площах застосовано природний спосіб лісовідновлення в поєднанні із заходами сприяння природному відновленню шляхом прокладання борозен плугом ПКЛ-70 на глибину 5–10 см. Ширина міжрядь, в яких підстилку та трав'яний покрив не порушували, становить 1,0–1,5 м. Третю пробну площу (ПП 3) було закладено в Берлінському лісництві (кв. 86, вид. 3.1) в умовах свіжого дубово-соснового субору (В₂-дС) в 11-річних лісових культурах сосни звичайної, створених у 2011 р. Четверту пробну площу (ПП 4) закладено в Берлінському лісництві (кв. 86, вид. 3.2) в умовах вологого дубово-соснового субору (В₃-дС) в 10-річних лісових культурах, створених у 2012 р. Культури на ПП 3 і 4 створено однорічними сіянцями із відкритою кореневою системою (ВКС) на зрубках після проведення середньолісосічної рубки із розміщенням садивних місць 2,0 × 0,5 м (густота – 10 000 шт. · га⁻¹). П'яту пробну площу (ПП 5) закладено в Лагодівському лісництві (кв. 84, вид. 8.2) в умовах вологого дубово-соснового субору (В₃-дС) у культурах сосни звичайної, створених на зрубі 2018 р. садивним матеріалом із закритою кореневою системою (ЗКС) (координати – N 50°05'37" E 25°03'57"). Схема розміщення садивних місць культур сосни – 2 × 1 м (густота – 5 000 тис. шт. · га⁻¹). Рубки проведено напередодні насінневих років (бал насінненошення – 3 і більший) (Debrunyuuk *et al.*, 1998).

Дослідження й оцінювання природного поновлення проведено відповідно до методики Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА) (Kobets *et al.*, 2017) та «Інструкції з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів» (*Instruction on design*, 2016). Обліки в зімкнених насадженнях проводили із визначенням категорії стану дерев

(Sanitary Forests Regulations in Ukraine, 2016). Таксаційну характеристику деревостанів отримано за загальнозживаними методиками лісівництва, лісознавства й лісової таксації (Hrom, 2010; Vilous *et al.*, 2020). Межі середніх висот за класами бонітету для повних 10- та 11-річних молодняків сосни звичайної природного походження розраховано за таблицями ходу росту (Vilous *et al.*, 2020).

Результати досліджень проаналізовано із використанням методів варіаційної статистики та їхнього графічного відображення й аналізу (Horoshko *et al.*, 2004).

Результати. На ПП 1 густота однорічного самосіву в борознах на момент дослідження сягала 40 000 шт. га⁻¹, а в міжряддях – лише 3 500 шт. га⁻¹, тобто на ділянках із мінералізацією ґрунту було зосереджено 92 % загальної кількості самосіву. Самосів у борознах був вищим на 3 %, ніж у міжряддях – його середня висота становила 16,2 см (табл. 1). Різниця за висотою однорічного самосіву в борознах і в міжряддях була незначною.

Таблиця 1

Характеристика однорічного самосіву сосни звичайної на зрубі після проведення середньолісосічної рубки (ПП 1)

Table 1

Characteristics of 1-year-old Scots pine self-seeding on cut area after 51–100 m width strip felling (Sample plot 1)

Місце розташування Location	Густота Density		Середня висота Average height	
	шт. га ⁻¹ stems ha ⁻¹	%	см cm	%
Борозна Furrow	40 000	92	16,2 ± 0,62	100
Міжряддя Inter-row spacing	3 500	8	15,7 ± 0,75	97
Загалом Total	43 500	100	–	–

На ПП 2 загальна кількість життєздатного природного поновлення віком 3–5 років на ділянці становила 23 750 шт. га⁻¹, а в результаті переведення 3-річних рослин до групи 4–8-річних – 19 250 тис. шт. га⁻¹ (табл. 2, рис. 1), тобто успішність природного відновлення була доброю.



Рис. 1 – Природне поновлення сосни звичайної на зрубі середньолісосічної рубки головного користування (ПП 2)

Fig. 1 – Natural regeneration of Scots pine on cut area after 51–100 m width strip felling (Sample plot 2)

Висока густина 3-річного самосіву (15 000 шт.·га⁻¹), на який припадало 63 % кількості природного поновлення, свідчить про щорічне активне накопичення самосіву молодшого покоління. Підріст був рівномірно розташованим на ділянці (траплявся на 85 % облікових майданчиках). Відповідно до шкали успішності природного відновлення потенційна лісівнича ефективність його використання у відтворенні деревостанів є «доброю» (1 категорія) (Pasternak, 1990; Kobets *et al.*, 2017).

Обстеження свідчить, що 71 % 3-річного самосіву та 57 % 4–5-річного підросту концентрувалися переважно в борознах, де відсутній трав'яний покрив (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика життєздатного природного поновлення сосни на зрубі після проведення суцільної середньолісосічної рубки (ПП 2)

Table 2

Characteristics of viable Scots pine natural regeneration on cut area after 51–100 m width strip felling (Sample plot 2)

Місце розташування Location	Вік, років Age, years	Кількість життєздатного підросту, шт.·га ⁻¹ Number of viable advance regeneration, stems ha ⁻¹	Середній діаметр, см Average diameter, cm	Середня висота, см Average height, cm	Категорія успішності відновлення Natural regeneration success category
Борозна Furrow	3	10 625	0,4 ± 0,02	20,8 ± 0,97	–
Міжряддя Inter-row spacing	3	4 375	0,3 ± 0,01	18,6 ± 0,87	–
Загалом Total	<u>3</u> 4-8	<u>15 000</u> 10 500	0,4 ± 0,02	20,1 ± 0,88	–
Борозна Furrow	4–5	5 000	1,5 ± 0,06	61,2 ± 3,01	–
Міжряддя Inter-row spacing	4–5	3 750	1,7 ± 0,07	63,8 ± 2,97	–
Загалом 4–5-річні рослини Total 4–5-year-old plants	4–5	8 750	1,6 ± 0,06	62,3 ± 3,05	–
Загалом Total	–	<u>23 750</u> 19 250	–	–	добре good

Підріст у віці 4–5 років мав середній діаметр кореневої шийки 1,6 см і середню висоту 62,3 см. Для 3-річного самосіву ці показники становили 0,4 см і 20,1 см відповідно. Підріст віком 5 років ріс за I–II класами бонітету (Vilous *et al.*, 2020).

Середня висота 3-річного природного поновлення в борознах була вищою на 10,6 %, ніж у міжряддях, а висота 4–5-річного – навпаки, меншою на 4,2 %. Як у першому, так і в другому випадку різниця була незначущою.

Виявлене варіювання середнього річного приросту за висотою природного поновлення віком 2–5 років у борознах і міжряддях (рис. 2) може бути пов'язане з особливостями мікрорельєфу, який сформувався на ділянці внаслідок проведення заходів зі сприяння природному відновленню. Можна припустити, що за достатнього забезпечення вологою самосів краще ростиме в міжрядді, а за нестачі вологи самосів і підріст краще ростимуть у борозні, де випаровування вологи та конкуренція трав'янистої рослинності є меншими.

На ПП 3 збережуваність культур є низькою та варіює від 25,0 % (2 500 шт.·га⁻¹) до 37,5 % (4 750 шт.·га⁻¹). Водночас кількість природного поновлення сосни на цій пробній площі

становить від 15 100 шт.·га⁻¹ до 28 300 шт.·га⁻¹, а його густота значно більша, ніж густота лісових культур (23 750 шт.·га⁻¹ та 3 250 шт.·га⁻¹ відповідно).

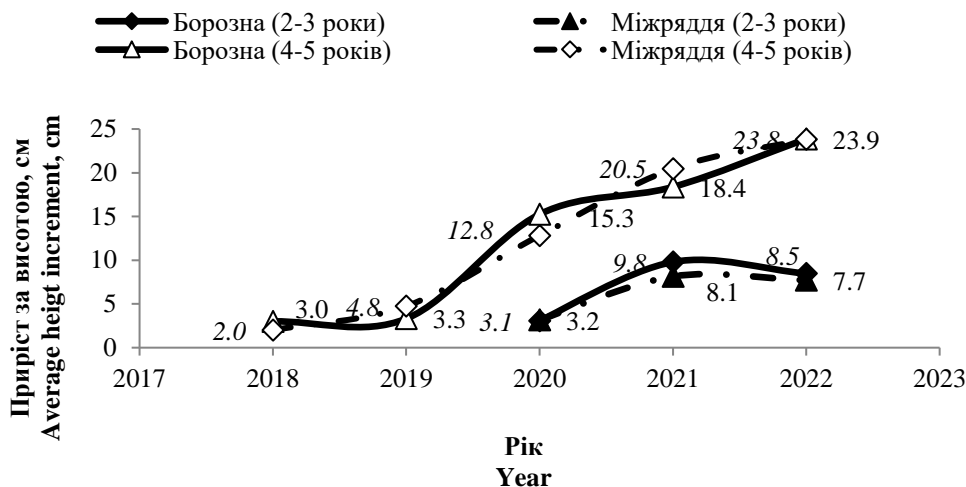


Рис. 2 – Середній річний приріст за висотою 2–5-річного природного поновлення сосни у рядах та міжряддях за роками
Fig. 2 – Average height increment of 2–5-year-old Scots pine natural regeneration in rows and inter-row spacing by year

Водночас середні діаметр і висота сосни в культурах і природному поновленні дуже близькі (табл. 3).

Таблиця 3
 Лісівничо-таксаційна характеристика молодняку штучно-природного походження на ПП 3
 Table 3
 Mensuration characteristics of planted and naturally originated young trees on Sample plot 3

Походження Origin	Порода* Species*	Вік, років Age, years	Густота, шт.·га ⁻¹ Density, stems·ha ⁻¹	Середній діаметр, см Average diameter, cm	Середня висота, см Average height, cm	Категорія успішності поновлення Regeneratio n success category	Трапляння Occurrence
Лісові культури Planted stands	Сз	12	3 250	2,6 ± 0,13	3,0 ± 0,12	–	–
Природне поновлення Natural regeneration	Сз	9–12	23 750	2,3 ± 0,10	2,8 ± 0,13	добре good	99
	Бп	5–10	21 250	1,4 ± 0,06	1,7 ± 0,07	добре good	95
	5Сз5Бп	–	48 250	–	–	добре good	100

* Сз – сосна звичайна (Scots pine); Бп – береза повисла (*Betula pendula* Roth. (*Betula verrucosa* Ehrh.)) (silver birch)

Густота лісових культур сосни та густота природного поновлення в чистому насадженні сосни співвідносяться як 12 : 88. Велику частку (майже 50 %) у складі насадження становить самосів берези повислої (*Betula pendula* Roth.), яка перебуває під наметом сосни в пригніченому стані. Значна кількість природного поновлення сосни на одиниці площі, а також рівномірний розподіл його на ділянці (трапляння – 99 %) дає підстави стверджувати, що ефективність використання природного поновлення є доброю.

Відповідно до нормативів кількість дерев на гектарі в 10-річних насадженнях сосни звичайної природного походження за повноти 1,0 може становити від 8 860 шт.·га⁻¹ (деревостани I^b класу бонітету) до 20 500 шт.·га⁻¹ (V клас бонітету) (Bilous *et al.*, 2020). Густота повних лісових культур сосни звичайної за таблицями ходу росту в 10-річному віці за I^a класом бонітету має становити 8 200 шт.·га⁻¹, за I класом бонітету – 8 940 шт.·га⁻¹, а за II класом бонітету – 9 490 шт.·га⁻¹ (Bilous *et al.*, 2020). За показником трапляння та кількістю життєздатного підросту природне поновлення належить до категорії «добре» за шкалою успішності природного поновлення (Pasternak, 1990; Kobets *et al.*, 2017).

Приріст за висотою культур сосни та природного поновлення за роками змінюються синхронно (рис. 3).

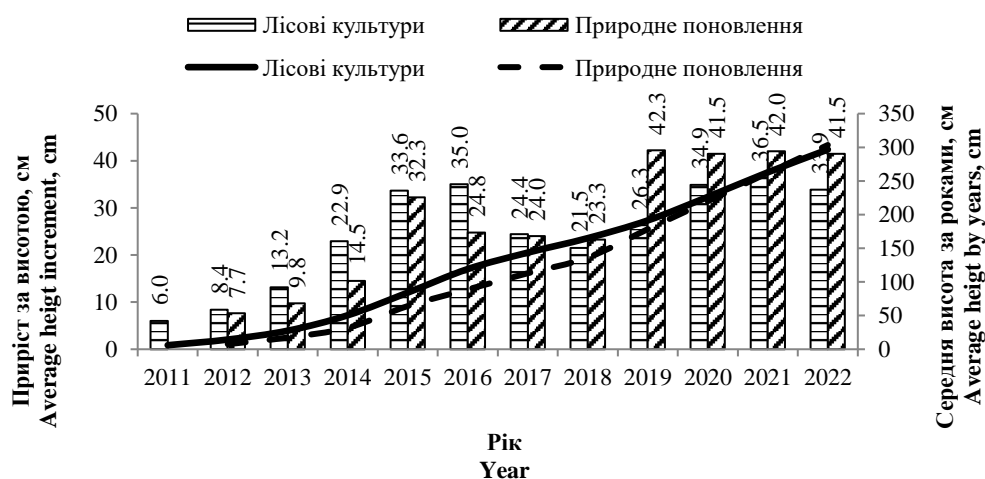


Рис. 3 – Середній річний приріст за висотою та хід росту за висотою лісових культур і природного поновлення сосни звичайної (ПП 3)
Fig. 3 – Average height increment and stand height development of planted stands and natural regeneration of Scots pine (Sample plot 3)

Показник середнього річного приросту за висотою лісових культур сосни варіює в межах 6,0–33,9 см, а природного поновлення – в межах 7,7–41,5 см. До 6–7-річного віку культури характеризувалися дещо вищим середнім річним приростом за висотою, ніж природне поновлення, а на початку інтенсивної диференціації насадження за висотою природне поновлення перевершило культури за цим показником.

Відповідно до графіка ходу росту, середні висоти природного поновлення та лісових культур у віці 10 років вирівнялися, а в старшому віці середня висота природного поновлення була вищою, ніж у культур. Індекс санітарного стану сосни 2,2 свідчить, що насадження є ослабленим (*Sanitary Forests Regulations in Ukraine*, 2016). На молодих деревцях сосни переважно збереглася хвоя 1–2-річного віку (останнього та передостаннього років).

Самосів берези внаслідок пригніченого стану значно поступався за біометричними показниками культурам і природному поновленню сосни за діаметром і висотою – в 1,8 та 1,6 разу відповідно (див. табл. 3). За критерієм Стьюдента різниці як діаметра, так і висоти культур і природного поновлення є несуттєвими. Склад насадження – 52 %Сз 48 %Бп.

На ПП 4 підріст сосни та лісові культури характеризуються майже однаковими таксаційними показниками – середній діаметр 3,1 см, середня висота 2,9 м (табл. 4). Збережуваність лісових культур на облікових ділянках змінюється від 32,8 % (3 280 шт.·га⁻¹) до 55,7 % (5 570 шт.·га⁻¹), становлячи в середньому 44,0 % (4 400 шт.·га⁻¹). Густота чистого природного поновлення сосни становить у середньому 13 100 шт.·га⁻¹. Відносна густота лісових культур від загальної густоти чистого насадження сосни становить 25,1 % проти 74,9 % природного поновлення.

Таблиця 4

Характеристика природного поновлення на зрубі після проведення суцільної середньолісосічної рубки на ПП 4

Table 4

Characteristics of natural regeneration on cut area after 51–100 m width strip felling (Sample plot 4)

Вік, років Age, years	Порода* Species*	Густина, шт.·га ⁻¹ Density, stems·ha ⁻¹	Середній діаметр, см Average diameter, cm	Середня висота, см Average height, cm	Категорія успішності поновлення Natural regeneration success category	Трапляння Occurrence
10–11	Сз	17 500	3,1 ± 0,14	2,9 ± 0,13	добре good	95
10–11	Дч	2 500	0,8 ± 0,04	1,8 ± 0,08	–	–
Загалом Total	–	20 000	–	–	добре good	95

* Сз – сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.); Дч – дуб червоний (*Quercus rubra* L. (*Quercus borealis* Michx.)).

Оскільки як у рядах, так і в міжряддях на облікових ділянках значущої різниці між біометричними показниками лісових культур і природного поновлення не виявлено, то надалі польові дані було об'єднано в один масив для аналізу. У складі молодняка також є підріст дуба червоного. Склад насадження – 9Сз1Дч. Кількість життєздатного підросту сосни віком 10–11 років становить 17 500 шт.·га⁻¹, а дуба червоного – 2 500 шт.·га⁻¹. Підріст сосни звичайної рівномірно розташований на ділянці, індекс санітарного стану – 1,1. Майже на всіх деревцях збереглася 3-річна хвоя, а на окремих – і 4-річна. Підріст і культури сосни активно ростуть у висоту та характеризуються позитивною динамікою поточних приростів. Середній поточний приріст за висотою становить від 5 см в 2012 р. до 60 см в 2022 р. (рис. 4).

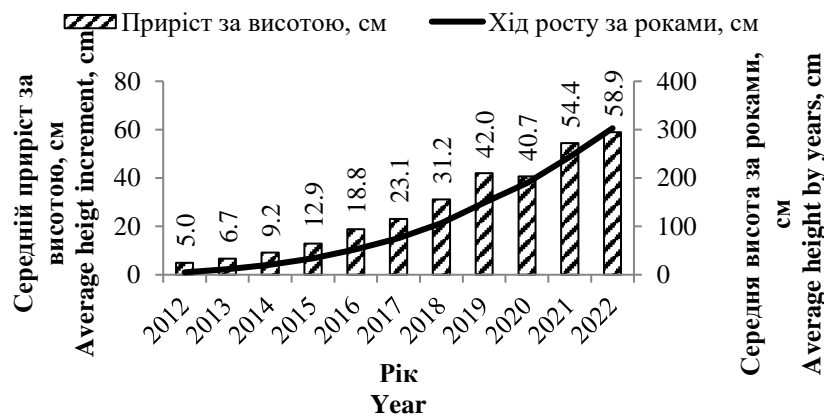


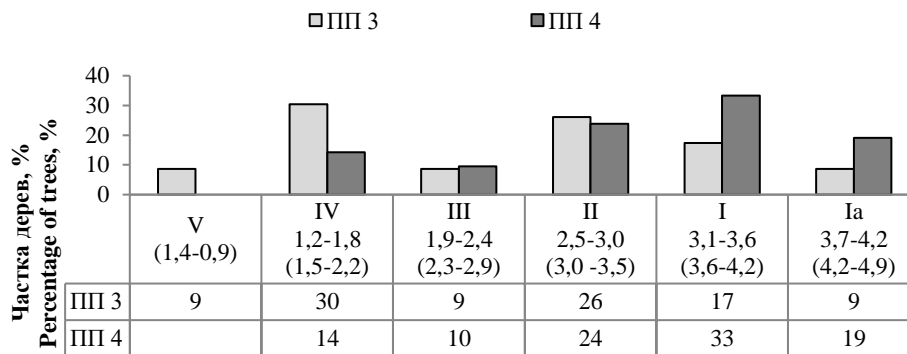
Рис. 4 – Середній приріст за висотою та хід росту за висотою природного поновлення сосни звичайної (ПП 4)

Fig. 4 – Average height increment and stand height development of planted stands and natural regeneration of Scots pine (Sample plot 4)

Відповідно до таблиць ходу росту повних соснових насаджень природного походження (Bilous *et al.*, 2020) визначено, що природне поновлення на ділянці росте за I–II класами бонітету. Для 10- і 11-річного сосняків (ПП 4 і ПП 3 відповідно) за шкалою висот меж класів бонітету обчислено діапазони висот дерев (Bilous *et al.*, 2020) та здійснено їхній умовний розподіл за класами бонітету. Для 11-річного молодняка висоти дерев становлять: 0,9–1,4 м – для V класу бонітету, 1,5–2,2 м – для IV класу бонітету, 2,3–2,9 м – для III класу

бонітету, 3,0–3,5 м – для II класу бонітету; 3,6–4,2 м – для I класу бонітету та 4,3–4,9 м – для I^a класу бонітету.

Для 10-річного сосняку (ПП 4) межі висот за класами бонітету є такими: 1,2–1,8 м – для IV класу бонітету, 1,9–2,4 м – для III класу бонітету, 2,5–3,0 м – для II класу бонітету, 3,1–3,6 м – для I класу бонітету, 3,7–4,1 м – для I^a класу бонітету. Відносний розподіл висот дерев у сосняках за цією шкалою відбиває як їхню вертикальну структуру за висотою, так і інтенсивність росту відповідно до висоти певного класу бонітету в період змикання молодняків (рис. 5).



Діапазони висот дерев за класами бонітету, м
 Tree height range according to productivity classes, m

Рис. 5 – Відносний розподіл дерев за шкалами висот відповідно до класів бонітету: ПП 4 – 10-річний сосняк; діапазон висот наведено без дужок; ПП 3 – 11-річний сосняк; діапазон висот наведено в дужках
Fig. 5 – The relative distribution of trees by height scales according to productivity classes: Sample plot 4 – 10-year-old pine forest; the height range is given without parentheses; Sample plot 3 – 11-year-old pine forest; the height range is given in parentheses

Насадження мішаного походження на ПП 3 і ПП 4 відзначалися високими зімкненістю й загущеністю та перебували у стадії інтенсивної диференціації за ростом.

Середньозважений розрахунковий бонітет 11-річного молодняку (ПП 3) становив II,6, а 10-річного (ПП 4) – I,7, фактично за однакової середньої висоти насаджень 3,0 м. Кращий ріст насаджень у висоту на ПП 4, порівнюючи з ПП 3, зумовлений меншою загущеністю насаджень та вологішими лісорослинними умовами. Відносний розподіл дерев за класами бонітету (див. рис. 5) також демонструє більшу конкурентну напруженість між ними у період диференціації за ростом (фаза змикання насаджень) у густішому насажденні (ПП 3). Це виявляється в наявності дерев, що за висотою умовно мали V клас бонітету (8,7 %), та доволі значної частки дерев, що умовно належали до IV класу (30,4 %). Представництво дерев IV і III класів бонітету разом становило 47,8 %. У рідшому молодняку (ПП 4) на частку кількості дерев, які умовно належали до IV і III класів бонітету, припадало лише 23,8 %, що є меншим у понад два рази, ніж на ПП 3.

На ПП 5 збережуваність культур була високою – 100 %. Середні діаметр кореневої шийки та висота лісових культур становили 3,0 см і 122,6 см відповідно, а підросту – 0,7 см і 35,4 см відповідно. Лісові культури створено садивним матеріалом із ЗКС наприкінці травня 2018 р. на свіжому зрубі, відразу після низової пожежі. Садивний матеріал вирощено в пінополістирольних касетних контейнерах у розсаднику Бродівського лісництва на торф'яному субстраті. Рясне природне поновлення з'явилося на наступний рік. Його густота була значно більшою, ніж у лісових культур, – майже 65 тис. шт·га⁻¹ проти близько 5 тис. шт·га⁻¹ (табл. 5). Частка дерев сосни, висаджених садивним матеріалом із закритою кореневою системою, становила 9 % від загальної кількості рослин сосни звичайної на ділянці. Пагонов'юном

пошкоджено 12,5 % дерев у культурах. Різниця між середніми висотами сіянців природного походження в міжрядді та в ряду була значуще вищою на 12,8 % ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{FH} = 4,20$).

Таблиця 5

Характеристика лісових культур і природного поновлення сосни на зрубі після проведення суцільної середньолісосічної рубки на ПП 5

Table 5

Characteristics of planted stands and natural regeneration in the cut area after 51–100 m width strip felling (Sample plot 5)

Походження Origin	Розташування Location	Вік, років Age, years	Густота, шт. га ⁻¹ Density, stems·ha ⁻¹	Середній діаметр, см Average diameter, cm	Середня висота, см Average height, cm	Категорія успішності поновлення Regeneration success category	Трапляння Occurrence
Лісові культури Planted stands	Ряд Planting line	6	5 333	3,0 ± 0,15	122,6 ± 4,80	–	–
Природне поновлення Natural regeneration	Ряд Planting line	4–5	36 213	0,8 ± 0,04	31,0 ± 1,45	–	–
	Міжряддя Inter-row spacing	4–5	28 453	0,7 ± 0,03	41,2 ± 1,95	–	–
	Разом Total	4–5	64 667	0,7 ± 0,02	35,4 ± 1,36	добре good	95

Успішність природного поновлення сосни була доброю, зважаючи на його кількість та особливості трапляння на ділянці (див. табл. 5). Водночас природне поновлення значно поступається культурам за висотою, діаметром і приростом унаслідок його пізнішої появи на зрубі, значної густоти та випадкового розміщення на ділянці. Обчислено середні річні прирости та хід росту за висотою лісових культур і природного поновлення (рис. 6).

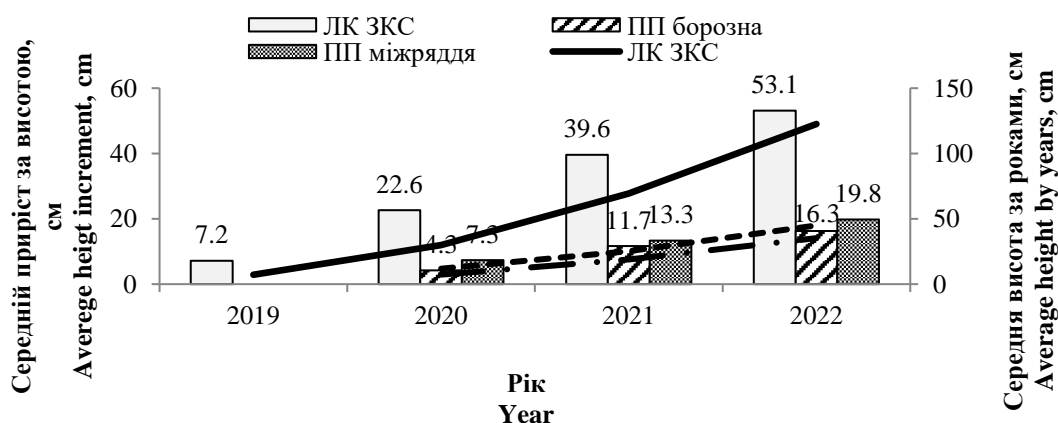


Рис. 6 – Середній приріст за висотою та хід росту за висотою природного поновлення сосни звичайної (ПП 5)

Fig. 6 – Average height increment and stand development by height of Scots pine natural regeneration (Sample plot 5)

Інтенсивність росту лісових культур за абсолютним приростом була значно вищою, ніж відповідний показник природного поновлення (див. рис. 6). Зазначимо, що показники росту природного поновлення в міжряддях були вищими у 2021 р. на 12,5 %, у 2022 р. – на 17,5 %, у 2023 р. – на 20,0 %.

ніж у рядах культур. Вочевидь, це пов'язане із менш напруженою конкуренцією за світло й вологу самосіву та підросту в міжрядях, порівнюючи з густішим природним поновленням, що з'явилося в рядах лісових культур.

Обговорення. Дослідження в Малому Поліссі в умовах свіжого та вологого дубово-соснового субору (В₂-дС, В₃-дС) та вологого грабово-дубового сугруду (С₃-гдС) на зрубках після проведення середньолісосічних рубок головного користування свідчать, що успішність природного відновлення сосни є доброю, здебільшого I класу якості (*Instruction on design*, 2016). На ділянках після проведення заходів зі сприяння природному поновленню з'являється у 3–6 разів більше самосіву, ніж на ділянках, на яких заходи зі сприяння не проводили. Дослідженнями особливостей природного поновлення сосни звичайної в Східному Поліссі в разі проведення рівномірних поступових рубок (Tkach and Zhezhkun, 2024) і в Західному Поліссі (Borodavka *et al.*, 2020) у разі проведення вузьколісосічних рубок отримано співставні результати щодо позитивного впливу прокладання борозен на густоту самосіву сосни.

О. Ю. Рябухін та Я. Д. Фучило (Fuchylo and Ryabukhin, 2011), провівши дослідження в Східному Поліссі, теж зробили висновок, що сприяння природному відновленню збільшило кількість самосіву сосни більше ніж у вісім разів. Вони відзначають появу великої кількості самосіву сосни в рядах 1–2-річних лісових культур і зменшення його кількості з віком.

Дослідження в Східному Поліссі (Zhezhkun and Zhezhkun, 2017) виявили, що для успішного природного залісення суцільних зрубів сосною звичайною в типах лісорослинних умов В₂, В₃, С₂, С₃ рубку слід проводити в насінневий рік, здійснивши восени або рано навесні заходи зі сприяння природному відновленню сосни, зокрема – прокладання плужних борозен завглибшки 10–20 см через 2–2,5 м і проведення своєчасних доглядів за самосівом сосни протягом перших 3–5 років.

Закономірне природне зменшення густоти самосіву (підросту) з віком характерне для лісовідновлення на ділянках середньолісосічних рубок. Так, в однорічному віці кількість самосіву становить 43 500 шт.·га⁻¹ (ПП 1), у 3–5-річному – 23 800 шт.·га⁻¹ (ПП 2), а в 10–11-річному – 23 750 шт.·га⁻¹ (ПП 3) та 13 100 шт.·га⁻¹ (ПП 4), однак така кількість є достатньою для відтворення високопродуктивних сосняків природним шляхом у регіоні дослідження. Домішка листяних порід дуба (ПП 3) та берези (ПП 4) у 25 % збільшує біологічне різноманіття, покращує властивості ґрунтів і рекреаційну цінність, підвищує продуктивність насаджень та їхню стійкість до лісових шкідників і хвороботворних мікроорганізмів (Felton *et al.*, 2016). Зокрема, мішані сосново-березові насадження є стійкішими до ураження кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) (Luk'yanets *et al.*, 2019).

Ю. В. Сірук (Siruk, 2010) проводив дослідження на зрубках, відновлених штучним шляхом сосною звичайною різного віку в умовах свіжих і вологих суборів Центрального Полісся. Він визначив, що на більшості ділянок було виявлено значну кількість самосіву сосни (від 2 500 до 32 900 шт.·га⁻¹), якої було б достатньо для формування деревостанів природного походження. Найбільша кількість самосіву сосни з'являється в перші 2–3 роки після проведення рубки. У 1–4-річних лісових культурах кількість соснового поновлення на 1 га перевершує відповідний показник культур у 1,7–3,0 разу. У 5–6-річному віці їхня чисельність є майже однаковою, з незначним переважанням природного поновлення. Проте лісові культури мають кращу енергію росту, порівнюючи з природним поновленням, випереджаючи його за висотою на 10–35 %.

За результатами наших досліджень ріст за висотою лісових культур, створених сіянцями із ВКС, і природного поновлення в 10–11-річних насадженнях вирівнюється, їхній середньозважений клас бонітету становить II,6 (ПП 3) та I,7 (ПП 4) відповідно. На ПП 3 на частку дерев сосни груп висот II, I та I^a класів бонітету припадає 52,2 %, що в загальній кількості становить 14 087 шт.·га⁻¹, на ПП 4 – відповідно 76,2 % та 13 335 шт.·га⁻¹ за кількістю. За вищої загальної густоти насадження на ПП 3 культури ростуть краще підросту до 6-річного віку, далі інтенсивність росту природного поновлення вирівнюється та за ходом росту

перевершує культури за приростом у висоту (див. рис. 3). У 6–8 років відбувається зменшення приросту як у культурах, так і в сосни природного поновлення, що зумовлено настанням періоду змикання насаджень, початком його диференціації та загостренням конкуренції за високої густоти, понад 40 000 шт. га⁻¹. У разі меншої густоти, до 20 000 шт. га⁻¹, приріст і хід росту мають інтенсивний висхідний графік і не розрізняються за походженням (лісові культури чи самосів) (див. рис. 4). Про жорсткішу конкуренцію в густіших насадженнях (ПП 3) свідчить також поява дерев, середня висота яких відповідає V класу бонітету, та відносне збільшення частки дерев, які ростуть за IV класом бонітету (див. рис. 5). Загальна кількість дерев, що за показником висоти належать до I^a, I та II класів бонітету, після зімкнення та початку диференціації в густіших насадженнях (ПП 3) становить 12 391 шт. га⁻¹, а в рідкіших (ПП 4) – 11 428 шт. га⁻¹. Кількість дерев, що формують панівний за висотою намет I^a та I класів бонітету, на ПП 3 є меншою, ніж на ПП 4 (6 196 шт. га⁻¹ проти 7 857 шт. га⁻¹).

Значна диференціація дерев за висотою свідчить про те, що сосняки перебувають у стадії інтенсивної диференціації та потребують проведення освітлення. За попередніми розрахунками, після освітлення до нормативної густоти та видалення низовим способом лише дерев сосни на ПП 3 клас бонітету насаджень наблизатиметься до I, а на ПП 4 – до I^a.

Дослідження природного поновлення сосни звичайної на зрубках в умовах свіжої судіброви Київського Полісся за умови проведення рубки в зимовий період в урожайний рік і за проведення заходів зі сприяння природному відновленню свідчать про доцільність орієнтуватися на відновлення природним шляхом насаджень сосни звичайної (Mauger and Kimeichuk, 2020). Ці автори виявили, що кількість природного поновлення сосни на 10-річному зрубі в 1,5–2,0 разу перевищує початкову густоту традиційних лісових культур в аналогічних лісорослинних умовах.

За нашими даними використання садивного матеріалу сосни звичайної із ЗКС для створення лісових культур одразу після пожежі (початок травня) дало позитивний результат в умовах вологого субору (B₃), що свідчить про можливість збільшення періоду лісокультурних робіт у Малому Поліссі.

В умовах Малого Полісся за даними М. Р. Феденишина та В. Г. Мазепи (Fedenyshyn and Mazera, 2014) на зрубках соснових деревостанів у складі самосіву та підросту переважає сосна звичайна. Успішність її відновлення залежить від типу лісорослинних умов і є доброю в умовах вологого сугруду. В умовах свіжого субору успішність відновлення сосни звичайної є задовільною. Найуспішніше сосна на зрубках відновлюється на 30-метровій смузі від стіни лісу за напрямом панівних вітрів (Fedenyshyn and Mazera, 2014).

Результати досліджень, проведених у Волинському Поліссі, свідчать, що відновлення соснових лісів можливо проводити у винятково природному форматі шляхом використання процесу самозаліснення зрубів головною породою без застосування заходів сприяння та без створення лісових культур. За наявності комплексу оптимальних передумов (забезпеченість насінниками, рясне плодоношення) такий спосіб відновлення є ефективним (Vorodavka *et al.*, 2024).

У ряді європейських країн у сприятливих лісорослинних умовах у насінневий рік за проведення заходів зі сприяння природному відновленню науковці віддають перевагу порівняно недорогому природному відновленню соснових лісів. Це підвищить біологічну стійкість відтворюваних лісових ценозів та їхню адаптацію до глобальної зміни клімату (Saurasunet *et al.*, 2018; Huth *et al.*, 2022; Miettinen *et al.*, 2024).

Висновки. У Малому Поліссі в умовах свіжого та вологого дубово-соснового субору та вологого грабово-дубового сугруду на зрубках після проведення середньолісосічних рубок головного користування кращі умови для проростання насіння сосни та подальшого росту самосіву створюються в разі попереднього сприяння природному відновленню. На перший, другий і третій роки на таких ділянках з'являється в 3–6 разів більше самосіву, порівнюючи з ділянками, на яких ці заходи не здійснювали. Кількість підросту є достатньою для природного відтворення високопродуктивних сосняків. За одночасного створення культур

сосни садивним матеріалом із відкритою кореневою системою та самозасіявання зрубів лісові культури дещо випереджають природне поновлення у фазі індивідуального росту (1–5 років) до фази змикання (6–8 років). Надалі приріст за висотою природного поновлення перевершує відповідний показник культур, а в 10–11 років вони вирівнюються за висотою.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами у межах виконання тем УкрНДДЛГА, замовником яких було Державне агентство лісових ресурсів України (№ держреєстрації 0120U101888 та 0120U101896).

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bilous, A.M., Kashpor, S.M. and Myroniuk V.V. (2020). *Forest Inventory Handbook*. Dnipro: Lira (in Ukrainian).
- Borodavka, V., Borodavka, O., Kuchyliuk, O., Hetmanchuk, A., Voitiuk, V., Andreieva, V. and Shepeliuk, M. (2024) 'Natural reforestation of pine in the logs without the use of activities to facilitate natural renewal of forest', *Notes in Current Biology*, 1 (7), pp. 17–23 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.29038/NCBio.24.1-8>
- Borodavka, V.O., Borodavka, O.B., Tarnopilska, O.M. and Shevchuk, V.V. (2020) 'Features of natural regeneration of Scots pine after strip felling in the wet oak-pine forest in Western Polissya', *Forestry and Forest Melioration*, 137, pp. 3–8 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.3>
- Brichta, J., Bílek, L., Linda, R. and Vítámvás, J. (2020) 'Does shelterwood regeneration on natural Scots pine sites under changing environmental conditions represent a viable alternative to traditional clear-cut management?', *Central European Forestry Journal*, 66, pp. 104–115. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0014>
- Chernyavskyy, M.V., Krynytskyi, G.T. and Parpan, V.I. (2011) 'Close-to-nature forest management in Ukraine', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, pp. 29–35. Available at: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/362> (Accessed: 29 August 2024) (in Ukrainian).
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Elfstrand, M., Baturkin, D., Meshkova, V. and Menkis, A. (2021). 'Fungal Communities Vected by *Ips sexdentatus* in Declining *Pinus sylvestris* in Ukraine: Focus on Occurrence and Pathogenicity of Ophiostomatoid Species', *Insects*, 12(12), 1119.
- Debryniuk, Yu.M., Kalinin, M.I., Guz M.M. and Shablii I. V. (1998) *Forest seed growing*. Lviv: Svit (in Ukrainian).
- Fedenyshyn, M.R. and Mazepa, V.H. (2014) 'Natural regeneration features of Scotch pine in Small Polissya of Ukraine', *Scientific bulletin of UNFU*, 24 (5), pp. 57–62 (in Ukrainian).
- Felton, A., Nilsson, U., Sonesson, J., Felton, A.M., Roberge, J.M., Ranius, T., Ahlström, M., Bergh, J., Björkman, C., Boberg, J., Drössler, L., Fahlvik, N., Gong, P., Holmström, E., Keskitalo, E.C., Klapwijk, M.J., Laudon, H., Lundmark, T., Niklasson, M., Nordin, A., Pettersson, M., Stenlid, J., Sténs, A. and Wallertz, K. (2016) 'Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden', *Ambio*, 45(S2), pp. 124–139. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0749-2>
- Fuchylo, Ya.D. and Ryabukhin, O.Yu. (2011) 'Natural renewal of pine-forests of East Poliss'ya', *Scientific Bulletin of UNFU*, 21 (8), pp. 57–61 (in Ukrainian).
- Horoshko, M.P., Miklush, S.I. and Khomyuk, P.G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula (in Ukrainian).
- Hrom, M.M. (2010) *Forest mensuration*. Lviv: Ukrainian National Forestry University (in Ukrainian).
- Huth, F., Wehnert, A. and Wagner, S. (2022) 'Natural Regeneration of Scots pine requires the application of silvicultural treatments such as overstorey density regulation and soil preparation', *Forests*, 13 (6), 817. <https://doi.org/10.3390/f13060817>
- Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of silviculture facilities* (2016). Approved by the order of the State Forest Management Committee of Ukraine dated 19 August 2010. No 260. Kyiv: State Forestry Committee (in Ukrainian). Available at: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10> (Accessed: 29 August 2024) (in Ukrainian).
- Kobets, O.V., Tarnopilska, O.M., Rumiantsev, M.H., Kuprina, N.P., Borodavka, V.O., Buzun, V.O., Zhezhkun, A.M., Ihnatenko, V.A. and Rohovyi, V.I. (2017) *Recommendations for reproduction of natural stands in lowland forests and forests of the Mountainous Crimea*. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Krynytskyi, G.T. and Lavnyi, V.V. (2024) 'Close to nature forestry – principles and application criteria', in *Close to nature forestry: challenges and future prospects Proceedings of the International Conference*, April 25–26, 2024. Kyiv: NULES, pp. 79–80 (in Ukrainian).
- Luk'yanets, V., Tarnopilska, O., Obolonyk, I., Musienko, S., Bondarenko, V. and Kolenkina, M. (2019) 'The impact of *Heterobasidion* root rot on the density, growing stock volume, and health condition of Scots pine and silver birch stands in Volyn Polissya zone, Ukraine', *Forestry Ideas*, 25(1), pp. 70–90. Available at: https://forestry-ideas.info/issues/issues_Index.php?pageNum_rsIssue=1&totalRows_rsIssue=16&journalFilter=63 (Accessed: 29 August 2024).
- Maurer, V.M. and Kimeichuk, I.V. (2020) 'Features of age dynamics of natural regeneration of Scotch pine in the fresh pine sites of Kyiv Polissia', *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (1), pp. 45–54 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.045>

- Miettinen, J., Hallikainen, V., Valkonen, S., Hökkä, H., Hyppönen, M. and Rautio, P. (2024) 'Natural regeneration and early development of Scots pine seedlings after gap cutting in northern Finland', *Scandinavian Journal of Forest Research*, 39 (2). pp. 89–100. <https://doi.org/10.1080/02827581.2024.2303022>
- Mihaylichenko, O.A. and Ustsky, I.M. (2016) 'Dynamics of age structure and health status of pine stands created on old arable lands in the Kharkiv hillslope region during 2001–2011', *Forestry and Forest Melioration*, 128, pp. 143–147 (in Ukrainian).
- National Atlas of Ukraine* (2007). Institute of Geography, Intelligent Systems GEO, Ukrainian branch of the World Data Center. Available at: <http://wdc.org.ua/atlas/default.html> (Accessed: 29 August 2024).
- Pasternak, P.S. (ed.) (1990) *The Reference Book of Forest Manager*. Kyiv: Uroza (in Russian).
- Ryabukhin, O.Y. (2011) 'Peculiarities of natural renewal of pine forests in Kyiev-Chernihiv Poliss'ya conditions', *Scientific Reports of NUBiP*, 3 (25). Available at: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_3/11roy.pdf (Accessed: 29 August 2024) (in Ukrainian).
- Sanitary Forests Regulations in Ukraine* (2016). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 756 dated 26 October 2016. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (Accessed: 30 April 2024) (in Ukrainian).
- Saursanet, M., Mathisen, K.M. and Skarpe, C. (2018) 'Effects of increased soil scarification intensity on natural regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. and birch *Betula* spp. L.', *Forests*, 9 (5), 262. <https://doi.org/10.3390/f9050262>
- Siruk, Y.V. (2010) 'Description of reforestation process on the artificially renewed cutovers in fresh and wet suborian conditions in the Central Polissya', *Scientific Bulletin of UNFU*, 20 (6), pp. 57–64 (in Ukrainian).
- Tkach, V.P. and Zhezhkun, A.N. (2024) 'Features of the application of uniform shelterwood felling in pine stands in Polissia', *Forestry and Forest Melioration*, 144, pp. 3–12 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.3>
- Zawadzka, A. and Słupska, A. (2022) 'Under-canopy regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as adaptive potential in building a diverse stand structure', *Sustainability*, 14 (2), 1044. <https://doi.org/10.3390/su14021044>
- Zhezhkun, A.N. and Zhezhkun I.N. (2017) 'Natural regeneration of forests after final harvesting in pine stands of Eastern Polissya', *Forestry and Forest Melioration*, 131, pp. 23–32 (in Ukrainian).

FEATURES OF PINE STAND REFORESTATION IN CLEAR-CUTS OF MALE POLISSIA

Tarnopilska O.M.^{1*}, Tarnopilskyi P.B.², Musienko S.I.³, Lukyanets V.A.⁴

Features of natural and artificial reforestation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) were studied in clear-cut areas after 51–100 m width strip felling in different forest types in conditions of Male Polissia. The study shows that self-seeded saplings and undergrowth density were higher when measures were taken to promote natural regeneration. In the first, second, and third years, the number of self-seeded plants was 3–6 times greater on plots, where support measures were implemented compared to those without intervention. Additionally, 71% of 3-year-old self-seeded saplings and 57% of 4–5-year-old undergrowth were primarily concentrated in furrow bottom, where grass cover was absent. The study also found that, by the age of 10–11 years, the average height and growth rate of artificially established stands and naturally regenerated ones were comparable. In fresh, relatively infertile pine site conditions, the productivity class of overstocked stands (over 40,000 stems ha⁻¹) was lower by one unit compared to less dense stands (about 20,000 stems ha⁻¹) in moist, relatively infertile pine site conditions. Across all research sites, the quantity of undergrowth was sufficient for the reproduction of highly productive pine forests in the study region.

Keywords: natural regeneration, planted stands, self-seeding, row spacing, furrow, regeneration success category.

Одержано редколегією 29.10.2024

¹ Tarnopilska Oksana, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Hryhoriia Skovorody Street 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: tarnoks@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4810-8892>

² Tarnopilskyi Petro, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Hryhoriia Skovorody Street 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: tarnopilsky@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8547-4843>

³ Musiyenko Serhiy, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Hryhoriia Skovorody Street 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: musienkosergij_les@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

⁴ Lukyanets Volodymyr, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Hryhoriia Skovorody Street 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: lukyanetc52@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

* Correspondence: tarnoks@ukr.net