



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412210>

Article received 2022.06.02

Article accepted 2022.12.29

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Svitlana Raspopina

s_raspopina@ukr.net

Kharkiv region, Kharkiv district, the village
of "Dokuchaevske-2", 62483, Ukraine

УДК 630*91: 631.459.3

Вплив стимуляторів росту на приживлюваність і ріст сосни звичайної в лісових культурах Слобожанського лісорослинного району України

С. П. Распопіна¹, М. М. Діденко², Ю. М. Біла³, В. В. Горошко⁴, А. В. Гармаш⁵

Досліджено вплив фоліарної обробки стимуляторами росту рослин «Stimulate», «Bioforge» та органічним добривом «Rokohumit», а також пролонгування їхньої дії, на приживлюваність і показники росту сосни звичайної у лісових культурах у системі «фактор-ефект» в умовах свіжого субору ДП «Скрипайське НДЛГ» на Харківщині. Застосовані у досліді препарати загалом сприяли підвищенню середніх показників приживлюваності, висоти та діаметра деревних рослин. При цьому стимулятори росту, порівняно з біодобривом, показали кращі результати. Максимальний ефект впливу простежено у перший рік фоліарної обробки, тоді як у подальшому ефект дії препаратів помітно знижується. Показники приживлюваності сосни в 1-річних культурах у всіх концентраціях випробуваних препаратів «Stimulate» та «Bioforge» перевищували нормативну приживлюваність (76%) на 4-14%, за виключенням варіантів з «Rokohumit» та «Контроль». У всіх варіантах 3-річних культур приживлюваність (збереженість) рослин не досягла нормативного показника (73%), що, ймовірно, зумовлено відсутністю доглядів за культурами. Загалом упродовж усього періоду спостережень (2019-2021 рр.) стабільно високі математично підтверджені результати на стан і біометричні показники культур сосни звичайної показали стимулятори росту рослин «Stimulate» й «Bioforge» у концентрації 0,15% та 0,3%. За використання цих препаратів середні показники висоти сосни звичайної в 1-річних культурах перевищували контроль від 4,8 до 48,3%, діаметра – від 53,4 до 61,4%, а в 3-річних – від 26,2 до 76,4% та від 13,5 до 39,8% відповідно.

Ключові слова: насадження 1-3-річного віку; *Pinus sylvestris* L.; Харківська область; біостимулятори росту; приживлюваність; біометричні показники.

¹ Распопіна Світлана Петрівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувачка кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: 0572-99-72-56, +38-068-459-64-23. E-mail: s_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

² Діденко Максим Михайлович – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-098-233-93-41. E-mail: didenko_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

³ Біла Юлія Миколаївна – доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-050-619-46-46. E-mail: belay_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>

⁴ Горошко Віталій Віталійович – доцент кафедри лісівництва та мисливського господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-099-290-09-67. E-mail: lesovodhna@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>

⁵ Гармаш Анна Василівна – викладач кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства. Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: +38-066-687-55-09. E-mail: garmash1505@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

Вступ (Introduction). Принцип збалансованого лісокористування передбачає інтенсивну модель розвитку лісового господарства із застосуванням інноваційних технологій на всіх ланках виробництва. Зокрема, лісовирощування, як одне із пріоритетних завдань лісової галузі, має базуватися на ефективному поєднанні виробничих циклів, передбачених галузевими нормативами, і сучасних наукових розробок, методів, які забезпечують відтворення високопродуктивних насаджень, стійких до несприятливих умов довкілля. Успішне виконання цього завдання залежить від комплексу чинників, серед яких особливо важливими контролюваними складовими, що забезпечують високу приживлюваність й збережуваність лісових культур, є стандартний садивний матеріал, своєчасне проведення лісокультурних доглядів, застосування різноманітних хімічних препаратів і речовин, зокрема регуляторів росту рослин.

Регулятори росту рослин (фітогормони, біорегулятори) – це речовини зі стимулюючою або інгібуючою дією на процеси росту й розвитку рослинного організму. Піонерні дослідження з їхнього використання під час вирощування сільськогосподарських культур розпочалися в США ще у 30-х роках минулого століття. Доведена висока ефективність зазначених речовин призвела, з одного боку, до їхнього широкого впровадження у рослинництво, починаючи з 50-60-их років, а з іншого – інтенсивного розвитку окремої ланки хімічної промисловості з виробництва препаратів подібної дії (Bhatla, 2018; Small, & Degenhardt, 2018; Naeem & Aftab, 2021; Ayman et al., 2021). В Україні широко використовувати регулятори росту рослин почали наприкінці ХХ ст. (Калінін, 1984).

На сьогодні сучасний ринок засобів захисту та вирощування рослин представлений великим асортиментом різноманітних препаратів-фітогормонів природного і синтетичного походження, які дуже широко застосовують у рослинництві, зокрема, шляхом обробки насіння перед сівбою, обприскування сходів тощо. Ці препарати все ширше випробовують й у лісокультурному виробництві. Так, у вітчизняній науковій періодиці є багато робіт, присвячених вивченню таких популярних ростових препаратів як *Чаркор*, *Агросимулін*, *Гумат натрію*, *Емістим С*, *Триман-1*, *Вермістим*, *Івін* тощо (Ведмідь, Демченко, 2004; Сірик, Вешицький, Мокринський, 2006; Белеля, 2014; Тараненко, 2017; Даниленко, Висоцька, Тарнопільський, Румянцев, 2021; Румянцев та ін., 2022). Їх використовують як під час пророщування насіння, так і на наступних етапах онтогенезу рослини. Встановлено, що біологічно активні сполуки позитивно впливають на енергію проростання і схожість насіння, посилене формування кореневої системи, поглинаюча здатність якої до всмоктування вологи й поживних речовин зростає на 25-30%, унаслідок чого збільшується стресостійкість рослин до чинників природного середовища (посух, морозів тощо). Так, зокрема встановлено, що обробка насіння сосни

звичайної *Емістимом С* сприяє підвищенню його схожості та енергії проростання на 30-50 %, а обприскування у закритому ґрунті сходів *Агросимуліном* – збільшенню висоти однорічних рослин, їхнього діаметра, маси хвої, стовбурців і коріння на 23, 30, 9, 55 та 38% відповідно (Сірик, Вешицький, Мокринський, 2006). Окрім сосни звичайної, підвищення схожості від 5 до 37% після обробки насіння *Агросимуліном*, *Чаркором*, *Триманом-1*, а також збільшення біометричних показників сіянців, зафіксовано для берези повислої та дуба звичайного (Даниленко, Висоцька, Тарнопільський, Румянцев, 2021; Румянцев та ін., 2022). Зауважимо, що такі стимулятори росту як *Агросимулін*, *Чаркор*, *Триман-1* й дотепер (від початку 2000 рр.) не втратили своєї актуальності (Ведмідь, Демченко, 2004; Борисова, 2005; Сірик, Вешицький, Мокринський, 2006; Даниленко, Висоцька, Тарнопільський, Румянцев, 2021).

У лісових розсадниках також використовують комплексні препарати, які, окрім фітогормонів, містять штами ґрунтових мікроорганізмів на основі фосфатмобілізуючих, азотфіксуючих бактерій, гумінових речовин тощо, які інтенсифікують синтез ферментів, вітамінів, розкладання органічних речовин ґрунту, збагачуючи його на макро- та мікроелементи, що загалом сприяє підвищенню родючості ґрунту (Борисова, 2005; Попов, 2008).

У лісових розсадниках і тепличних комплексах лісогосподарських підприємств України під час вирощування садивного матеріалу дерев і кущів доволі широко застосовують ростові препарати. Водночас їхнє застосування практично обмежується передпосівною обробкою насіння та підживленням сіянців. Наукові дослідження з використання біопрепаратів у процесі створення та вирощування лісових культур є поодинокими, що й визначило напрям та актуальність нашого дослідження з випробування стимуляторів росту рослин широкого спектру дії у лісових культурах сосни звичайної в умовах південно-східної частини Лісостепу. Актуальність дослідження зумовлена потребою інтенсифікації лісокультурного виробництва шляхом застосування інноваційних прийомів під час відновлення лісу, зокрема через використання препаратів, які забезпечують високі показники приживлюваності, енергії росту та стійкості створених лісових культур до несприятливих чинників природного середовища.

Мета дослідження – оцінити вплив фоліарної обробки стимуляторами росту рослин широкої дії (*Stimulate*, *Bioforge*, *Rokohumin*) та пролонгування впливу біопрепаратів на приживлюваність, стан і розвиток сосни звичайної в 1-3-річних лісових культурах у системі «фактор-ефект».

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods of research). *Об'єкт дослідження* – стан і розвиток сосни звичайної у лісових культурах (впродовж трьох років) під впливом фоліарної обробки стимуляторами росту рослин широкої дії в умовах свіжого субору ДП «Скрипаївське

навчально-дослідне лісове господарство» (надалі «Скрипайвське НДЛГ»), розташованого в південно-східній частині Лісостепової зони Харківської області. *Предмет дослідження* – приживлюваність і збережуваність сосни звичайної у штучних насадженнях під впливом стимуляторів росту рослин.

Фоліарна обробка є одним із найефективніших засобів потрапляння хімічних речовин у рослинний організм. Механізм проникнення та ефект дії речовин через листовий апарат диференціюють на декілька етапів: абсорбція через кутикулу; транспортування в клітини; включення діючої речовини у біохімічні та фізіологічні процеси рослини. Потрапляючи через листову поверхню, хімічні речовини активно мігрують у всі органи рослини й у підсумку впливають на ріст, розвиток і швидку адаптацію рослини до чинників довкілля.

Два з трьох використаних у досліді препаратів є біостимуляторами росту рослин нового покоління. Так, *Stimulate* – це результат синтезу трьох фітогормонів – цитоксину, ауксину й гіберелової кислоти у найоптимальнішому, для перебігу процесів життєдіяльності рослини, співвідношенні (2 : 1 : 1), що забезпечує швидке проростання насіння, одночасні сходи, потужний розвиток кореневої системи та її здатність до активного поглинання й використання поживних речовин ґрунту.

Bioforge® – потужний антиоксидантний препарат для нейтралізації стресу у рослинному організмі. Це продукт синтезу природних молекул мурашиної кислоти та сечовини, завдяки чому отримано нову діючу речовину – деформіл сечовину, що нейтралізує вільні радикали в клітинах рослин, утворених унаслідок стресу. Біологічна дія препарату *Bioforge* полягає у підтримуванні гормонального балансу у рослинному організмі, посиленні його росту і розвитку. Препарат пригнічує сигнал до синтезу етилену (гормону стресу) й дає змогу рослинам тривалий час залишатися життєздатними в посушливих умовах, а також швидко відновлюватися після стресу.

Rokohumin – рідке органо-мінеральне добриво, що містить NPK, мікроелементи у біологічно необхідній кількості, гумінові та амінокислоти, що, окрім поживної цінності, забезпечують кращу адаптованість рослини до низки несприятливих погодних чинників – суховіїв, приморозків, посух, зимових мерзлот. Суттєвою перевагою всіх апробованих препаратів є можливість їхнього використання у баковій суміші з різними хімікатами – пестицидами, гербіцидами, фунгіцидами тощо.

Дослід з фоліарної обробки сосни звичайної у лісових культурах біопрепаратами закладено у червні 2019 р. на лівобережній піщаній терасі р. Сіверський Донець в умовах свіжого дубово-соснового субору (В₂-дС). Культури створено 02.04.2019 р. уручну методом садіння під меч Колесова стандартними сіянцями з розміщенням 2,0 × 0,7 м. Препарати випробовували у різних концентраціях їх водних розчинів – по три концентрації для *Stimulate*,

Bioforge та дві – для *Rokohumin*. Загалом закладено дев'ять експериментальних варіантів (табл. 1).

Таблиця 1. Варіанти дослідів з фоліарної обробки 1-річних культур сосни звичайної біопрепаратами

Table 1. Experimental versions of foliar treatment of 1-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations with biological preparations

Назва препарату	Варіант дослідів	Концентрація, %
<i>Stimulate</i>	St-0,05	0,05
<i>Stimulate</i>	St-0,15	0,15
<i>Stimulate</i>	St-0,3	0,3
<i>Bioforge</i>	B-0,15	0,15
<i>Bioforge</i>	B-0,3	0,3
<i>Bioforge</i>	B-0,45	0,45
<i>Rokohumin</i>	Rok-1	1
<i>Rokohumin</i>	Rok-1,5	1,5
Контроль	К	-

Дослідна ділянка представлена дев'ятьма рядками сосни звичайної завдовжки по 60 м. Кожен рядок відповідає певному варіанту дослідів. Щойно приготовленими розчинами препаратів (розчинник – звичайна недистильована вода) здійснювали суцільне обприскування саджанців ручним обприскувачем (Marolex 3000 Master Ergo, Польща). Впродовж 2019-2021 рр. оцінювали приживлюваність (збережуваність), стан і розвиток (за основними біометричними показниками) рослин сосни звичайної у культурах. Отримані результати обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програми *MS Excel*.

Результати та обговорення (Results and discussion). Приживлюваність лісових культур сосни звичайної у перший рік дослідів змінювалась у межах від 50 до 90%, при цьому її мінімальне значення спостережено на контролі (рис. 1).

Згідно з «Інструкцією...» (2010), для Харківської області нормативна приживлюваність 1-2-річних лісових культур повинна становити не менше 76%. Отже, нижче від нормативної приживлюваності виявились три варіанти – Рок-1, Рок-1,5, у т.ч. Контроль, тоді як решта варіантів (у всіх концентраціях препаратів *Stimulate* та *Bioforge*) перевищувала її від 4 до 14% (див. рис. 1). Простежено динаміку підвищення показника приживлюваності зі збільшенням концентрації препарату. Так, якщо приживлюваність деревних рослин за використання *Stimulate* у концентрації 0,05% становить 83%, то у концентрації 0,3% вона зростає до 90%. Подібну тенденцію спостережено також і для препарату *Bioforge* – за його концентрації 0,15% приживлюваність складає 80%, а за концентрації 0,45% – підвищується до 88%. У варіанті з *Rokohumin* при-

живлюваність сосни була нижчою від нормативних показників (60 та 55% для концентрацій 1% та 1,5% відповідно), але водночас перевищувала контроль (див. рис. 1).

Отже, розташування варіантів у ряду зниження впливу випробуваних препаратів на приживлюваність 1-річних культур сосни звичайної виглядає

так: St-0,3 → B-0,45 → B-0,3 → St-0,05 → St-0,15 → B-0,15 → Rok-1 → Rok-1,5. Якщо порівняти середні значення приживлюваності за окремими препаратами, то найбільший вплив на цей показник виявив препарат *Stimulate* – перевищення над контролем становило 71%, далі йде *Bioforge* – 69% і останній у ряду *Rokohumin* – 15% (рис. 2).

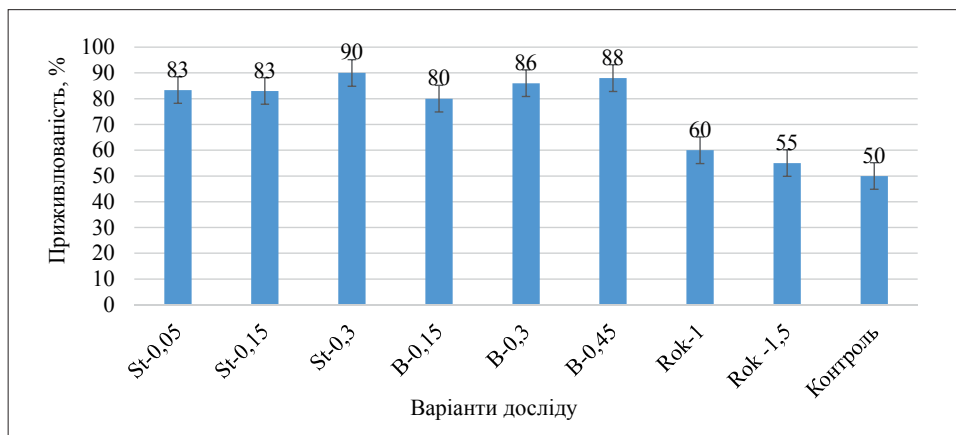


Рис. 1. Приживлюваність 1-річних культур сосни звичайної після фоліарної обробки біопрепаратами (перший рік дослідів)

Fig. 1. Survival rate of 1-year-old forest plantations of *Pinus sylvestris* after foliar treatment with biological preparations (the first year of the experiment)

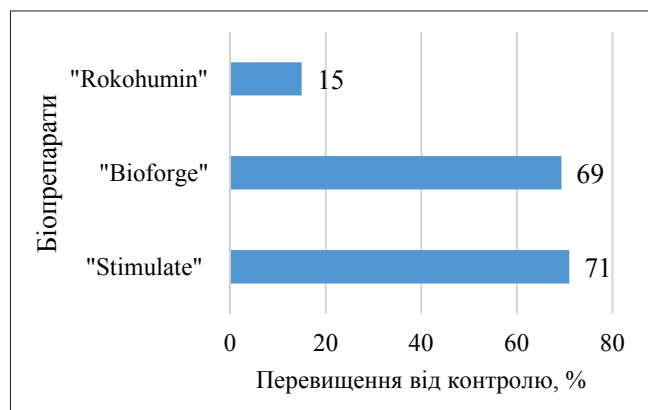


Рис. 2. Перевищення від контролю середніх показників приживлюваності 1-річних культур сосни звичайної у досліді з біопрепаратами

Fig. 2. Control-exceeding average survival indexes of 1-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations in an experiment with biological preparations

Загалом приживлюваність лісових культур залежить від низки абіотичних і біотичних чинників, насамперед, від якості садивного матеріалу, агротехніки створення, термінів садіння, кількості та якості доглядів, погодних умов тощо. Нами проаналізовано погодні умови впродовж вегетаційного періоду 2020 р. за метеорологічними даними Харківської області. Встановлено, що у квітні показники температури та вологості були доволі сприятливими для приживлюваності деревних рослин (хмарних днів – 19, дощових – 1, середня $t^{\circ}\text{C}$ вдень – 14°C , вночі – 5°C). Водночас у травні й, особливо, у червні та липні зростала посушливість

повітря. Температура повітря у червні коливалась від 25 до 32°C , причому кількість днів з температурою 29°C і більше перевищила 15, а температурні показники у липні впродовж першої декади змінювались від 32 до 36°C . Отже, погодні умови першої половини вегетаційного періоду були доволі несприятливими для приживлюваності сосни у лісових культурах. Поряд з цим, у варіантах з біопрепаратами приживлюваність перевищила нормативні значення, на відміну від контролю, де саджанці відреагували на посушливу погоду її суттєвим зниженням.

Випробувані препарати також виявили позитивний вплив на біометричні показники сосни звичайної. Так, у перший рік дослідів (2019 р.) середня висота деревного виду практично у всіх варіантах перевищувала контрольне значення (рис. 3).

Загалом, висота 1-річних культур сосни звичайної змінювалась у межах від $4,5$ до 14 см та в середньому становила $8,7 \pm 0,51$ см. Найкращі показники за висотою – $10,4 \pm 1,8$ см, $9,3 \pm 2,0$ та $9,2 \pm 0,8$ см спостережено у варіантах St-0,15, Rok-1,5 та B-0,3 відповідно, а статистично доведене збільшення висоти зафіксоване для варіантів St-0,15, St-0,3 та B-0,3 (табл. 2).

Діаметр саджанців сосни звичайної (поблизу кореневої шийки) в експериментальних 1-річних культурах коливався у діапазоні від $1,4$ до $5,4$ мм (за середньої величини $3,3 \pm 0,19$ мм) і майже у всіх варіантах достовірно перевищував контрольне значення ($2,2$ мм) (див. табл. 2).

Серед препаратів найкращі результати показали *Stimulate* та *Bioforge*, а найнефективнішими варіантами дослідів виявились St-0,15 та B-0,45 (рис. 4).

Відзначимо стабільно високі результати впливу препарату *Bioforge* у всіх випробуваних концентраціях на діаметр сосни звичайної на кореневій ший-

ці, який варіював від 3,4 до 3,8 мм, а також препарат *Stimulate* у варіантах St-0,15 та St-0,3 – 3,6 і 3,2 мм відповідно (див. рис. 3).

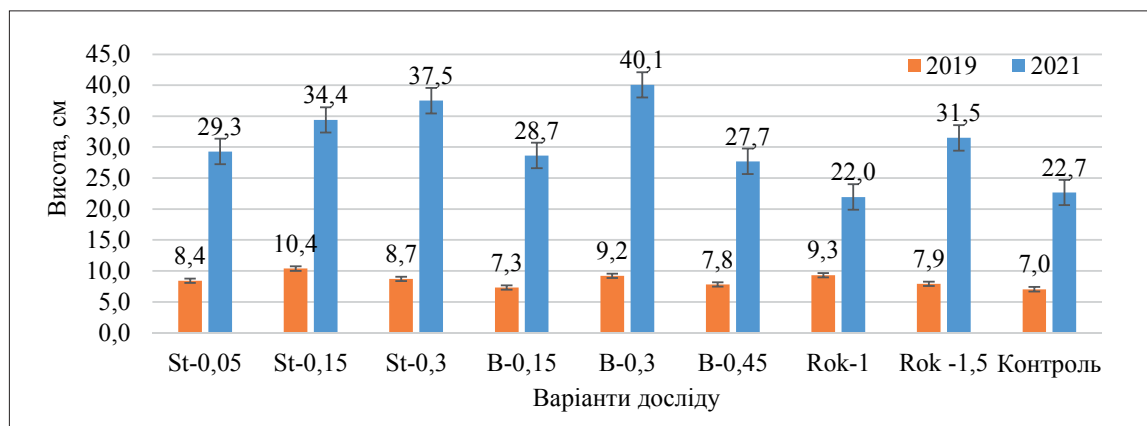


Рис. 3. Висота 1-річних культур сосни звичайної у досліді з фоліарною обробкою біопрепаратами, 2019 р.

Fig. 3. Height of 1-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations in the experiment with foliar treatment with biopreparations, 2019

Таблиця 2. Найменша суттєва різниця (НСР₀₅) між варіантами дослідів за показниками висоти та діаметра саджанців сосни звичайної

Table 2. The smallest significant difference (SSD₀₅) between the test versions in terms of height and diameter of *Pinus sylvestris* saplings (2019, 2021)

Варіант дослідів	2019 р.		2021 р.	
	Н	Д	Н	Д
St-0,05	1,92	0,67	6,21	1,68
St -0,15	1,96	0,49	8,03	2,70
St-0,30	1,39	0,41	8,99	2,00
B-0,15	1,75	0,76	4,63	1,90
B-0,30	1,16	0,65	8,39	1,91
B-0,45	3,19	0,91	6,63	1,42
Rok -1	3,44	0,25	–	1,33
Rok -1,5		2,49	6,95	1,20

Примітка. Жирним шрифтом виділено статистично доведений варіант

Отже, результати дослідження з випробування стимуляторів росту рослин шляхом фоліарної обробки 1-річних культур сосни звичайної довели їхній позитивний ефект.

Для з'ясування можливої пролонгованої дії препаратів ми дослідили стан і розвиток сосни в лісових культурах у 2021 р., тобто через рік після закладання дослідів. За цей час показник приживлюваності (збережуваності) культур сосни значно знизився у всіх варіантах, а саме: St-0,05 – на 28, St-0,15 – на 73, St-0,3 – на 61, B-0,15 – на 27, B-0,3 – на 32, B-0,45 – на 26, Rok-1 – на 13, Rok-1,5 – на 10, контроль – на 25% порівняно з показниками 2019 року (рис. 5).

Таке суттєве зниження приживлюваності, на нашу думку, зумовлено, насамперед, відсутністю доглядів за культурами, що призвело до масового поширення коренепаросткового бур'яна кунічника наземного (*Calamagrostis epigejos* L.), висота якого місцями сягала 1,5 м. Зважаючи на те, що нормативна приживлюваність 3-річних лісових культур на Харківщині становить 73%, усі вони потребують доповнення. Оцінювання основних біометричних показників сосни звичайної у 3-річних культурах у досліді з фоліарною обробкою стимуляторами росту показало такі результати. Загальна висота деревного виду у всіх варіантах варіювала в межах від 10 до 56,5 см та в середньому становила 29,6±2,0 см. Відзначимо, що у 2021 р., подібно до 2019 р., зафіксовано позитивну дію біопрепаратів на висоту за винятком варіанту Rok-1 (рис. 6). Водночас, така реакція сосни не є результатом безпосередньої дії препарату, а зумовлена масовим об'їданням верхівок деревець козулею саме у цьому варіанті дослідів.

Отже, впродовж усього періоду спостережень, стабільно високі результати впливу препаратів на висоту культур показали варіанти B-0,3 та St-0,3, в яких її середній показник сягнув максимальних значень як у 2019, так і 2021 р. – 40,1 і 37,5 см відповідно. Доволі значною середньою висотою відзначилися також деревця сосни у варіанті St-0,15 – 34,4 см (див. рис. 6). При цьому, у п'яти з семи варіантів перевищення за висотою, порівняно з контролем, статистично доведено (див. табл. 2).

Ефективність впливу біопрепаратів на діаметр сосни звичайної на кореневій шийці у 3-річних культурах у 2021 р. вирізнялась від їхнього впливу на висоту. Загалом середній діаметр становив 6,2±0,39 мм за варіювання значень у діапазоні від 3,2 до 13 мм. Щодо варіантів дослідів, то максимальний вплив на цей показник виявив препарат *Stimulate*, особливо у концентраціях 0,15 та 0,3%,

за яких діаметр на кореневій шийці становив 8,0 та 7,7 мм. Дещо слабший вплив виявив *Bioforge*, проте у варіантах В-0,3 та В-0,45 середні діаметри деревця сосни на кореневій шийці все ж таки пере-

вищували контроль (див. рис. 6). Водночас статистично доведену відмінність за діаметром встановлено лише для варіантів St-0,15, St-0,30 та В-0,30 (див. табл. 2).

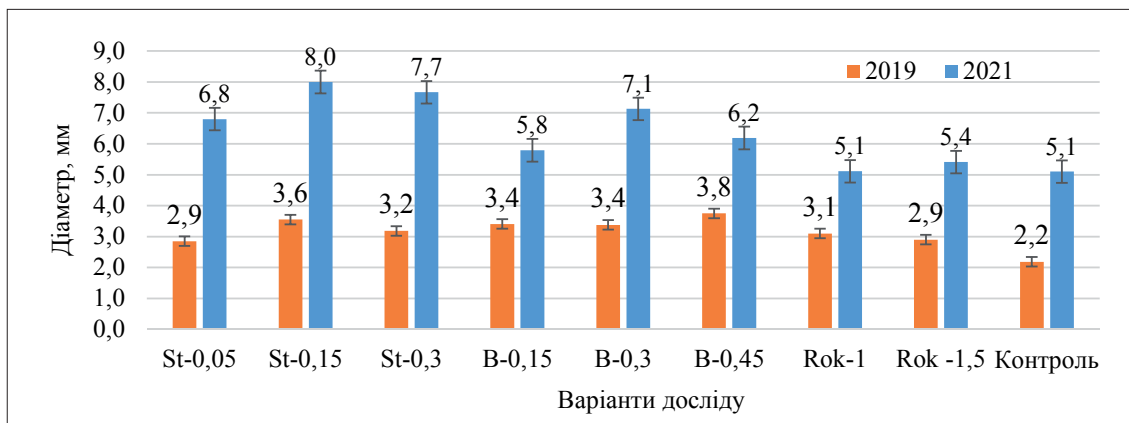


Рис. 4. Діаметр одно- та трирічних культур сосни звичайної у досліді з фоліарною обробкою біопрепаратами

Fig. 4. Diameters of 1-year-old and of 3-year-old *Pinus sylvestris* forest plantations in the experiment with foliar treatment with biological preparations

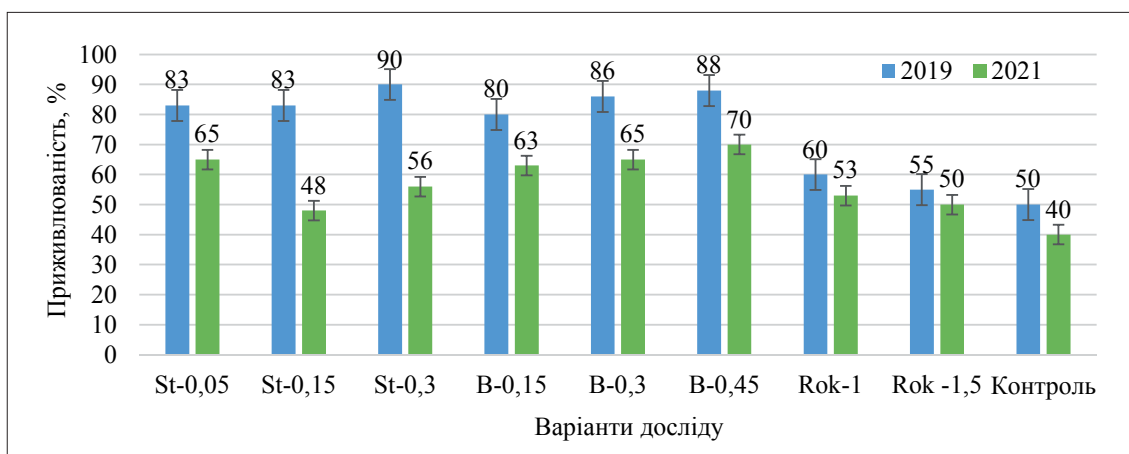


Рис. 5. Динаміка показника приживлюваності експериментальних культур сосни звичайної впродовж 2019-2021 рр.

Fig. 5. Dynamics of the survival index of the experimental *Pinus sylvestris* forest plantations during the period 2019-2021

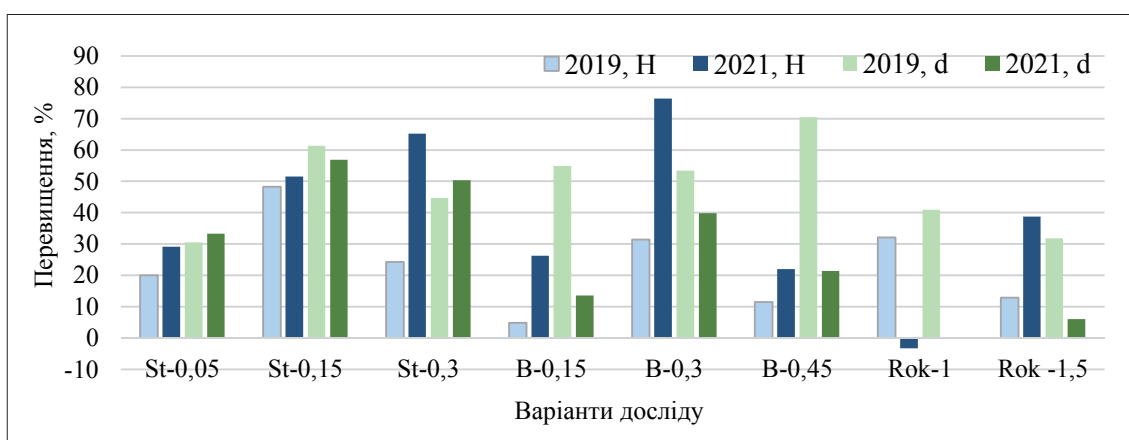


Рис. 6. Динаміка середніх показників висоти та діаметра сосни звичайної у лісових культурах (порівняно з контролем) у досліді з фоліарною обробкою біопрепаратами впродовж 2019-2021 рр.

Fig. 6. Dynamics of the average height and diameter indexes of *Pinus sylvestris* in forest plantations (compared to the control) in the experiment with foliar treatment with biological preparations during the period 2019-2021

Дискусія (Discussion). Україна є лісодефіцитною державою, її лісистість за останніми даними становить 15,9%, а фактично натеper є ще нижчою через знищення лісових масивів унаслідок широкомасштабного військового вторгнення РФ на територію України 24.02.2022 року. Знищення лісів найінтенсивніше відбувається у південно-східній частині держави. Лісовирощування на цій території через несприятливі для лісової рослинності природні умови завжди представляло труднощі, а масштабність цих робіт у післявоєнний період ще більше його ускладнюватиме. Тому постає питання щодо впровадження у лісокультурне виробництво інноваційних прийомів, які сприяють підвищенню ефективності лісовідновлення, зокрема приживлюваності та збережуваності лісових культур. Одним із таких дієвих прийомів є застосування препаратів, стимулюючих ростові процеси рослин. Натеper сучасний ринок засобів захисту та вирощування рослин представлений великим асортиментом різноманітних препаратів-фітогормонів природного й синтетичного походження. Причому сучасні препарати характеризуються широким спектром дії та, окрім посилення ростових процесів, мають антистресовий ефект, що надає змогу рослинам тривалий час залишатися життєздатними та швидко відновлюватися за впливу різних стрес-факторів (пересаджування сіянців на лісокультурну площу, атмосферна та ґрунтова посухи, висока температура повітря тощо). Випробування стимуляторів росту рослин широкої дії (*Stimulate*, *Bioforge*, *Rokohumin*) на території Слобожанського лісорослинного району, що збігається з межею Лісостепу, дало змогу оцінити вплив фоліарної обробки та пролонгування впливу біопрепаратів на приживлюваність і ростові процеси саджанців сосни звичайної впродовж трьох років після створення лісових культур, а також рекомендувати найоптимальніші концентрації препаратів, за яких спостерігається їхній максимальний ефект.

Висновки (Conclusions). Фоліарна обробка саджанців стимуляторами росту *Stimulate* та *Bioforge* й органічним добривом *Rokohumin* сприяла підвищенню приживлюваності та основних біометричних показників сосни звичайної в 1-річних культурах. Стимулятори росту, порівняно з біодобривом, показали кращі результати. При цьому максимальний ефект впливу простежено у перший рік обробки, а в подальшому ефект дії препаратів помітно знижується. Водночас остаточний висновок щодо пролонгованої дії біопрепаратів зробити не вдалося через відсутність доглядів за лісовими культурами, що значною мірою знівелювало ефект від використання біопрепаратів. Загалом упродовж усього періоду спостережень (2019-2021 рр.) стабільно високі результати на стан і біометричні показники (висота, діаметр) сосни звичайної у лісових культурах показали стимулятори росту рослин *Stimulate* та *Bioforge* у концентрації 0,15% та 0,3%.

Список літератури (References)

- Белеля, С. О. (2014). Вплив стимуляторів росту рослин на енергію проростання та схожість насіння *Larix decidua* Mill. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 124, 76-84 [Belelya, S. O. (2014). The effect of plant growth stimulants on germination energy and seed germination of *Larix decidua* Mill. *Forestry and Forest Melioration*, 124, 76-84. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2014_124_13] (in Ukrainian)
- Борисова, В. В. (2005). *Вирощування садивного матеріалу модрина європейської інтенсивними методами в умовах Лівобережного Лісостепу України*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, Укр. НДІ ліс. госп-ва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. [Borisova, V. V. (2005). *Cultivation of European Larch seedlings (Larix) by application of intensive methods under conditions of the Left-bank Forest-Steppe region of Ukraine* (Doctoral dissertation abstract, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration, Kharkiv, Ukraine). Retrieved from <http://irbis-nbuv.gov.ua/aref/20081124004237>] (in Ukrainian)
- Ведмідь, М. М., Демченко, О. Г. (2004). Збереженість та ріст насаджень *Pinus silvestris* L. за обробки коренів саджанців перед садінням регуляторами росту. *Науковий вісник НЛТУ України*, 14(8), 421-425 [Vedmid, M. M., & Demchenko, O. G. (2004). Survival and growth of *Pinus silvestris* L. plantations at seedling roots treatment by growth regulators before planting. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 14(8), 421-425. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_8/index14_8.htm] (in Ukrainian)
- Даниленко, О. М., Висоцька, Н. Ю., Тарнопільський, П. Б., Румянцев, М. Н. (2021). Вплив регуляторів росту рослин на ріст і масу сіянців дуба звичайного в умовах Південно-Східного Лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 138, 59-67 [Danylenko, O. M., Vysotska, N. Yu., Tarnopilskyi, P. B., & Rumiantsev, M. N. (2021). Influence of plant growth regulators on the growth and weight of English oak seedlings in the South-eastern Forest-Steppe in Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 138, 59-67. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.138.2021.59>] (in Ukrainian)
- Гут, Р. Т. (2008). Особливості росту сіянців сосни звичайної в умовах гормональної стимуляції. *Науковий вісник НЛТУ України*, 18(5), 14-19 [Gout, R. T. (2008) Features of the growth of seedlings of Scots pine in the conditions of hormonal stimulation. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18(5), 14-19. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2008/18_5/index.htm] (in Ukrainian)
- Калінін, Ф. Л. (1984). *Застосування регуляторів росту в сільському господарстві*. Київ: Урожай [Kalinin, F. L. (1984). *Application of growth regulators in agriculture*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних*

- об'єктів (2010). Затверджено наказом Державного комітету лісового господарства України 19.08.2010 р. № 260. Київ: Держкомлісгосп [Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects (2010). Approved by the order of the State Forest Management Committee of Ukraine dated 19 August 2010. No. 260. Kyiv: State Forestry Committee. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text>] (in Ukrainian)
- Попов, О. Ф. (2008). *Інтенсифікація вирощування садивного матеріалу сосни звичайної на півдні Лівобережного Лісостепу*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків, Укр. НДІ ліс. госп-ва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. [Popov, O. F. (2008). *Intensification of growing pine planting material in the south of the Left-Bank Forest-Steppe* (Doctoral dissertation abstract, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Kharkiv, Ukraine). Retrieved from <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/20090603003341>] (in Ukrainian)
- Румянцев, М. Н., Даниленко, О. М., Тарнопільський, П. Б., Ющик, В. С., Мостепанюк, А. А. (2022). Вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники та масу однорічних сіянців дуба звичайного із закритою кореневою системою в умовах Південно-Східного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 32(1), 13-19 [Rumiantsev, M. N., Danylenko, O. M., Tarnopilskyi, P. B., Yushchuk, V. S., & Mostepaniuk, A. A. (2022). Influence of plant growth stimulants on biometric indicators and weight of one-year-old seedlings of English oak with a closed root system in the South-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 32(1), 13-19. <https://doi.org/10.36930/40320102>] (in Ukrainian)
- Савушик, М. П., Хромуляк, О. І., Шлончак, Г. А., Ящук, І. В. (2020). Вплив регуляторів росту рослин на ріст сіянців сосни звичайної в умовах відкритого ґрунту (ДП «Київська ЛНДС»). *Лісівництво і агролісомеліорація*, 136, 78-82 [Savushchuk, M. P., Khromulyak, O. I., Shlonchak, G. A., & Yashchuk, I. V. (2020). Influence of plant growth regulators on growth of Scots Pine seedlings in open ground (In Kyiv Forest Research Station). *Forestry and Forest Melioration*, 136, 78-82. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.78>] (in Ukrainian)
- Сірик, В. В., Вешицький, В. А., Мокринський, В. М. (2006). Вплив деяких біологічно активних речовин на ріст і розвиток сіянців сосни звичайної. *Науковий вісник НАУ. Сер.: Лісівництво*, 4(5), 1-8 [Siryk, V. V., Veshytskyy, V. A., & Mokrynsky, V. M. (2006). Influence of some biologically active substances on growth and development of seedlings of Scots pine. *Scientific bulletin of National Agrarian University. Ser.: Forestry*, 4(5), 1-8] (in Ukrainian)
- Тараненко, Ю. М. (2017). *Особливості вирощування садивного матеріалу сосни звичайної насінням з покращеними спадковими властивостями в Лівобережному Лісостепу України*: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01. Харків: УкрНДІЛГА [Taranenko, Yu. M. (2017). *Features of Scots pine planting material growing from seeds with improved hereditary properties in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine* (Doctoral dissertation abstract, the G. M. Vysotsky Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration. Kharkiv, Ukraine). Retrieved from https://uriffm.org.ua/media/dissertation/taranenko_aref.pdf] (in Ukrainian)
- Ayman, E. L., Sabagh, Hossain, A., Islam, M. S., Iqbal, M. A., Amanet, K., Mubeen, M., ... Erman, M. (2021). Prospective Role of Plant Growth Regulators for Tolerance to Abiotic Stresses. In T. Aftab, K. R. Hakeen (Eds.), *Plant Growth Regulators* (pp. 1-38). Singapore: Springer Linc. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-61153-8_1
- Bhatla, S. C. (2018). Plant growth regulators: An overview. In S. C. Blatha, M. A. Lal (Eds.): *Plant Physiology, Development and Metabolism* (pp. 559-568). Singapore: Springer. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-2023-1_14
- Naeem, M., & Aftab, T. (2021). *Emerging Plant Growth Regulators in Agriculture: Roles in Stress Tolerance*. Publisher Elsevier Science & Technology. Retrieved from <https://www.elsevier.com/books/emerging-plant-growth-regulators-in-agriculture/naeem/978-0-323-91005-7>
- Small, C. C., & Degenhardt, D. (2018). Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. *Ecological Engineering*, 118, 43-51. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.010>

The influence of growth stimulants on survival and growth of *Pinus sylvestris* in forest plantations of the Slobozhansky Forest Region of Ukraine

S. Raspopina¹, M. Didenko², Yu. Belay³,
V. Goroshko⁴, A. Harmash⁵

The effectiveness of plant growth stimulants, proved by numerous scientific studies of recent decades, has contributed to their introduction into the production technology for growing planting material of tree and shrub species in modern greenhouse complexes and forest nurseries of advanced forestry enterprises. At the same time, it should be noted that the use of chemical substances that regulate growth processes is limited almost exclusively to pre-sowing treatment of seeds to increase their germinative capacity and to nourish seedlings in forest nurseries and greenhouses. There are few scientific studies on the use of biological preparations in the process of creating and growing forest crops, and this fact prompted us to focus our research on testing broad-spectrum plant growth stimulants in the creation and cultivation of *Pinus sylvestris* forest plantations in the Forest-steppe zone of Kharkiv region. The effect of foliar treatment with plant growth stimulants "Stimulate", "Bioforge" and the organic

fertilizer “*Rokohumin*” on the survival and growth of *Pinus sylvestris* plantations, as well as the prolongation of the action of plant growth regulators, was studied on the sandy lands of the State Enterprise “Skrypivske educational and scientific enterprise” in the “factor-effect” system.

- ¹ *Svitlana Raspopina* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape architecture and Park Management. State Biotechnological University, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: 0572-99-72-56, +38-068-459-64-23. E-mail: s_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>
- ² *Maksim Didenko* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-098-233-93-41. E-mail: didenko_maxim@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>
- ³ *Yulia Belay* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-050-619-46-46. E-mail: belay_1980@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1446-8168>
- ⁴ *Vitalii Goroshko* – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Hunting. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-099-290-09-67. E-mail: lesovodhnau@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8186-6214>
- ⁵ *Anna Harmash* – Senior Lecturer at the Department of Forest Plantations, Land Reclamation, Landscape Architecture and Park Management. State University of Biotechnology, the village of Dokuchaevske-2, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-066-687-55-09. E-mail: garmash1505@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

The forest plantations were created on April 2, 2019 manually by planting standard seedlings under Kolesov’s planting iron (narrow steel shovel) according to the 2.0 × 0.7 m scheme. The experiment consisted of 9 versions. The preparations were tested for various concentrations of aqueous solutions – three concentrations each for “*Stimulate*” and “*Bioforge*”, two concentrations each for “*Rokohumin*” and the control (without preparations). Continuous spraying of the pine crops with solutions of preparations (solvent – ordinary (non-distilled) water) was carried out with a manual sprayer. It was found that all the preparations used in the experiment generally contributed to better survival and an increase in the main biometric indicators of the experimental crops; also, the growth stimulants showed better results compared to biofertilizer. The maximum effect of the impact is observed in the first year of foliar treatment, and in the future this effect is noticeably reduced. In all variants of 3-year-old plantations, the survival rate was less than the standard indicator (73%), which is probably due to the lack of plantation tending. In general, throughout the entire observation period (2019-2021), consistently high and mathematically confirmed results of the impact on the condition and biometric indicators (height, diameter) of *Pinus sylvestris* plantations were shown by plant growth stimulants “*Stimulate*” and “*Bioforge*” at a concentration of 0.15% and 0.3%. When using these preparations, the average height of 1-year-old plantations exceeded the control one from 4.8 to 48.3%, the diameter – from 53.4 to 61.4%, and of 3-year-old plantations – from 26.2 to 76.4%, and from 13.5 to 39.8%, respectively.

Key words: plantations of 1-3 years of age; *Pinus sylvestris* L.; Kharkiv region; growth bioregulators; survival rate; plant biometrics.