

УДК 630.232.32:630.232.41:630.235.1:633.877.3

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.69>**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ЛІСОВИХ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ**

У ДП «ХАРКІВСЬКА ЛНДС»

О. М. Даниленко¹, В. С. Ющик², М. Г. Румянцев^{3*}

Наведено результати досліджень впливу стимуляторів росту «Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol у нормах, рекомендованих виробником препаратів, на біометричні показники, масу та вихід стандартного садивного матеріалу сосни звичайної із закритою кореневою системою (ЗКС) у державному підприємстві (ДП) «Харківська ЛНДС». Кореневе та позакореневе внесення розчинів стимуляторів росту позитивно вплинуло на значення біометричних показників і маси однорічних сіянців сосни звичайної. Так, різниця за висотою між дослідними варіантами та контролем становила 21–52 %, за діаметром кореневої шийки – 7–20 %, за масою надземної частини сіянців у повітряно-сухому стані – 16–46 % та за масою кореневої системи – 26–59 %. Частка стандартних сіянців сосни звичайної в дослідних варіантах коливалася в межах 86–98 %, тоді як на контролі становила 76 %. Також відзначено вищі таксаційні показники та приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без їхнього застосування, та садивним матеріалом із відкритою кореневою системою.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., сіянці, контейнер з агроволокна, приживлюваність.

Вступ. Успішність лісовідновлення багато в чому залежить від виду та якості садивного матеріалу. Останніми роками триває тенденція до збільшення обсягів вирощування садивного матеріалу головних лісоутворювальних порід із закритою кореневою системою (ЗКС).

У багатьох країнах світу як засіб інтенсифікації вирощування садивного матеріалу деревних і чагарникових видів застосовують стимулятори росту рослин, які істотно сприяють підвищенню стійкості рослин проти стресових чинників біотичної та абіотичної природи. Особливо це є актуальним у період зростання посушливості клімату (Veshchytskyi *et al.*, 2006; Rademacher, 2015; Bhatla, 2018; Neill *et al.*, 2019).

Нині у лісових розсадниках і тепличних комплексах багатьох лісогосподарських філій державного підприємства (ДП) «Ліси України», а також інших підприємств у структурі Державного агентства лісових ресурсів України під час вирощування садивного матеріалу головних лісотвірних порід доволі широко застосовують ростові препарати, зокрема й стимулятори росту рослин (Rasporina *et al.*, 2022). Це відбувається переважно шляхом передпосівного оброблення насіння та кореневого або позакореневого оброблення сіянців.

Водночас використання стимуляторів росту рослин, незважаючи на доволі часте застосування в лісовому господарстві (але здебільшого для садивного матеріалу із відкритою кореневою системою (ВКС)), ще істотно поступається інтенсивності їхнього використання в рослинництві. Дані про застосування стимуляторів росту рослин під час вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) із ЗКС у регіоні досліджень (південно-східна частина Лівобережного Лісостепу) є фрагментарними (URIFFM, 2014). Дані щодо особливостей росту й розвитку лісових культур сосни звичайної із застосуванням стимуляторів росту рослин у регіоні досліджень також є обмеженими (Vedmid, 2001;

¹ Даниленко Олег Миколайович, державне підприємство «Харківська лісова науково-дослідна станція», с. Черкаська Лозова, 62300, Харківський р-н, Харківська обл., Україна. Е-mail: dandik86@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7817-4299>

² Ющик Віта Сергіївна, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: vityay2715@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2472-3882>

³ Румянцев Максим Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: maxrum-89@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

* Адреса для кореспонденції: maxrum-89@ukr.net

Borysova, 2008; Popov, 2008; Rasporina *et al.*, 2022). На нинішньому етапі важливим є визначення тривалості позитивного ефекту використання садивного матеріалу із ЗКС у перші роки вирощування лісових культур. Це зумовило актуальність проведення досліджень.

Мета досліджень – оцінити вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники, масу й вихід стандартного садивного матеріалу сосни звичайної із закритою кореневою системою, а також на таксаційні показники та приживлюваність створених таким садивним матеріалом лісових культур у ДП «Харківська ЛНДС».

Матеріали й методи. Дослідження проводили у 2020 р. Сіяння сосни звичайної вирощували в умовах закритого ґрунту (теплиця весняно-літнього типу з поліетиленовим покриттям) на теплично-розсадницькому відділенні селекційно-насінницького комплексу Південного лісництва ДП «Харківська ЛНДС».

Для вирощування сіянь сосни використовували циліндричні контейнери з агроволокна, що мали такі розміри: висота – 25 см, діаметр – 6 см, об'єм – 700 см³. Склад субстрату для вирощування сіянь – суміш добре гумусованого темно-сірого середньосуглинкового та супіщаного ґрунту (співвідношення за об'ємом 1:1), торфу перехідного типу та перегною-сипцю у загальному співвідношенні 3:1:0,25. Субстрат характеризувався слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН = 5,17), середньою забезпеченістю гумусом, легкогідролізованим азотом.

У дослідних і контрольному варіантах використовували насіння другого класу якості. Висівання насіння здійснено в першій декаді квітня на глибину 0,5 см із подальшим мульчуванням свіжою сосною тирсою. Дрібнокрапельний полив здійснювали щоденно впродовж першого місяця вирощування садивного матеріалу за допомогою поливної системи, а потім вже за необхідності (для підтримання оптимального режиму зволоження в теплиці).

Упродовж вегетаційного періоду проведено дворазове кореневе або позакореневе оброблення сіянь (перше – після масового розгортання хвої в сосни (17 травня), а друге – у період інтенсивного росту сіянь (2 липня)) випробовуваними стимуляторами росту. Загалом було закладено 6 дослідних варіантів та один контрольний варіант – садивний матеріал сосни, який вирощено в контейнерах без застосування стимуляторів росту рослин. Випробовували такі стимулятори росту рослин: «Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol у нормах, рекомендованих виробником препаратів. Нижче наведено склад активних речовин випробовуваних стимуляторів росту рослин.

«Циркон» – біологічний імуностимулятор торгової марки (ТМ) «Восор», який отримують із лікарської рослини – ехінацеї пурпурової. Препарат стимулює ріст кореневої системи й вегетативної маси рослин, мобілізує імунітет, природну стійкість до посухи та інших стресових факторів. Дія препарату полягає в активації фітогормонів, регулюванні їхнього синтезу й балансу в рослині.

«Грейнактив-С» – синтетичний препарат ТМ «Фіаніст-Т» із високою біологічною активністю, що стимулює рослину до активного росту завдяки накопиченню запасів живлення на клітинному рівні, підвищує стійкість до стресових факторів (приморозків, посухи, пестицидів), збільшує захисний потенціал рослин, активує розвиток азотофіксуючих бактерій у ґрунті. Склад: розчин полігуанідинів (органічних полімерних речовин із високою біологічною активністю), гідрохлорид 18,6 г·л⁻¹ + фосфат 1,4 г·л⁻¹.

«Корневін» – стимулятор росту ТМ «Quantum», що сприяє прискоренню проростання насіння, покращенню вкорінення живців, формуванню потужної кореневої системи. Склад: гіпераукоїн – 5 г; N:P:K (%) 19:19:19; мікроелементи.

Radifarm plus – біостимулятор-укорінювач ТМ «Valagro», що сприяє зменшенню стресу, викликаного висаджуванням рослин, пришвидшує вкорінення рослин; стимулює вироблення гормонів, що відповідають за розвиток кореневої системи; активізує фотосинтез, допомагає долати стреси від впливу токсинів. Склад: N:P:K (%) 3,5:40:15,5; амінокислоти – 1,0 %; вітаміни; білкові поліпептиди; полісахариди; мікроелементи: Fe, Zn.

«Аміностим» – біостимулятор росту ТМ «Ензим Агро», обробка яким забезпечує оптимальні умови для розвитку рослин, сприяє активному росту рослин і підвищенню їхнього імунітету. Склад: вільні амінокислоти – 134 г·л⁻¹; N:P:K (г·л⁻¹) 24:20:20; ауксини – 10 г·л⁻¹; цитокініни – 0,03 г·л⁻¹.

Megafol – спеціальний антистресовий препарат ТМ «Valagro» на основі рослинних амінокислот, що сприяє підвищенню врожайності та якості продукції, а також стабілізації цих показників за несприятливих погодних умов. Склад: амінокислоти – 28 %; N – 3 %; K – 8 %; C – 9 %.

У кожному дослідному варіанті було вирощено по 100 сіянців; було використано по 2 л розчину для дворазового позакореневого оброблення та по 10 л розчину – для дворазового кореневого оброблення.

Ефективність застосування випробовуваних стимуляторів росту рослин під час вирощування однорічних сіянців сосни звичайної оцінювали за біометричними показниками та масою надземної (стовбур + хвоя) та кореневої (коріння) частин у повітряно-сухому стані. Для цього у 50 сіянців кожного варіанту вимірювали висоту надземної частини (см) і діаметр кореневої шийки (мм). Крім того, у 10 середніх за біометричними показниками сіянців відмивали коріння від залишків субстрату та визначали масу (г) надземної та кореневої частин у повітряно-сухому стані (після висушування зразків у лабораторній шафі впродовж 24 годин за температури 105°C до постійної маси). Висоту сіянців визначали з точністю до 0,1 см, діаметр кореневої шийки – з точністю до 0,1 мм, а масу хвої, стовбура та коріння сіянців – із точністю до 0,01 г.

Ростові показники та приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту рослин, визначали наприкінці вегетаційного періоду 2021 р. Дослідні лісові культури було створено на свіжому зрубі восени 2020 р. у Липецькому лісництві (квартал 121) ДП «Харківська ЛНДС» на площі 0,9 га в умовах свіжого дубово-соснового субору. Садіння лісових культур проводили вручну під мотобур у частково підготовлений ґрунт – у дно борозен, створених механізованим способом плугом комбінованим лісовим (ПКЛ-70) на базі трактора МТЗ-82. Вирощені дослідні сіянці сосни звичайної вводили до складу лісових культур рядами. У кожному варіанті було висаджено по 75 шт. сіянців. Контролем був ряд лісових культур, створених сіянцями сосни звичайної, вирощеними без застосування стимуляторів росту рослин.

Приживлюваність у перший рік росту лісових культур визначали як співвідношення кількості життєздатних саджанців на момент їхнього обліку та висаджених під час закладання дослідних культур, виражене у відсотках. Проведено обміри всіх збережених саджанців сосни за варіантами. Висоту саджанців визначали дерев'яною лінійкою з точністю до 0,5 см, а діаметр кореневої шийки – електронним штангенциркулем з точністю до 0,1 мм.

Одержані дані обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програм MS Excel. Достовірність різниці між контролем і дослідними варіантами перевіряли з використанням *t*-критерію Стьюдента на 5 % рівні значущості (Romakin, 2006).

Результати. Результати досліджень свідчать, що значення біометричних показників (середньої висоти й середнього діаметра) однорічних сіянців сосни звичайної із ЗКС є суттєво більшими у варіантах, де проведено кореневе (шляхом поливу) та позакореневе (шляхом обприскування) оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин. Так, різниця у дослідних варіантах, порівнюючи з контролем, за висотою становить 21–52 %, або 2,9–7,4 см відповідно, а за діаметром кореневої шийки – 7–20 %, або 0,1–0,3 мм (табл. 1).

Найбільше середнє значення висоти сіянців сосни відзначено у варіанті позакореневого оброблення стимулятором росту Megafol – 21,5 см (152 % до контролю), а найменше – у варіанті кореневого оброблення стимулятором росту Radifarm plus – 17,0 см (121 % до контролю). Найбільше середнє значення діаметра кореневої шийки сіянців сосни також

відзначено у варіанті «Megafol» – 1,8 мм (120 % до контролю), а найменше – у варіанті «Radifarm plus» – 1,6 мм (107 % до контролю).

Таблиця 1

Вплив дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин на середні висоту та діаметр однорічних сіянців сосни звичайної із ЗКС

Table 1

The effect of two-time treatment with tested plant growth stimulants on the average height and diameter of one-year-old containerized Scots pine seedlings

Дослідний варіант (концентрація розчинів) Experimental variant (solution concentration)	Спосіб підживлення Treatment method	Висота, см Height, cm			Діаметр, мм Diameter, mm		
		$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control
Контроль	–	14,1 \pm 0,41	–	100	1,5 \pm 0,05	–	100
«Циркон» (1 мл·л ⁻¹)	П	20,8 \pm 0,42	11,42	148	1,7 \pm 0,05	2,83	113
«Грейнактив-С» (10 мл·л ⁻¹)	П	20,0 \pm 0,34	10,08	142	1,7 \pm 0,04	3,12	113
«Корневін» (1 г·л ⁻¹)	К	20,5 \pm 0,45	10,71	145	1,7 \pm 0,06	2,86	113
Radifarm plus (3 мл·л ⁻¹)	К	17,0 \pm 0,54	4,28	121	1,6 \pm 0,05	1,37	107
«Аміностим» (3 мл·л ⁻¹)	К	19,9 \pm 0,33	9,88	141	1,7 \pm 0,04	3,24	113
Megafol (2,5 мл·л ⁻¹)	П	21,5 \pm 0,43	12,71	152	1,8 \pm 0,06	4,93	120

Примітка. К – кореневе (полив) оброблення сіянців; П – позакореневе (обприскування) оброблення сіянців; $M^{\pm m}$ – середні значення вимірюваного показника та його стандартна похибка; t_f – t -критерій Стьюдента ($t_{0,05} = 2,01$).

Note. К – root (watering) treatment of seedlings; П – foliar (spraying) treatment of seedlings; $M^{\pm m}$ – mean value of indicators and its standard error; t_f – actual value of Student's t -test ($t_{0,05} = 2,01$).

Проте виявлено, що достовірно при $p = 0,05$ перевищують контроль як за висотою, так і за діаметром кореневої шийки всі дослідні варіанти, за винятком варіанту «Radifarm plus», де перевищення за діаметром є недостовірним.

Найбільшу масу надземної частини (стовбурця + хвої) середнього однорічного сіянцю сосни звичайної в повітряно-сухому стані визначено у варіанті «Megafol»; вона становить 1,24 г і перевершує контрольний показник на 46 %, а найменшу у варіанті «Radifarm plus» – відповідно 0,99 г (16 %) (рис. 1).

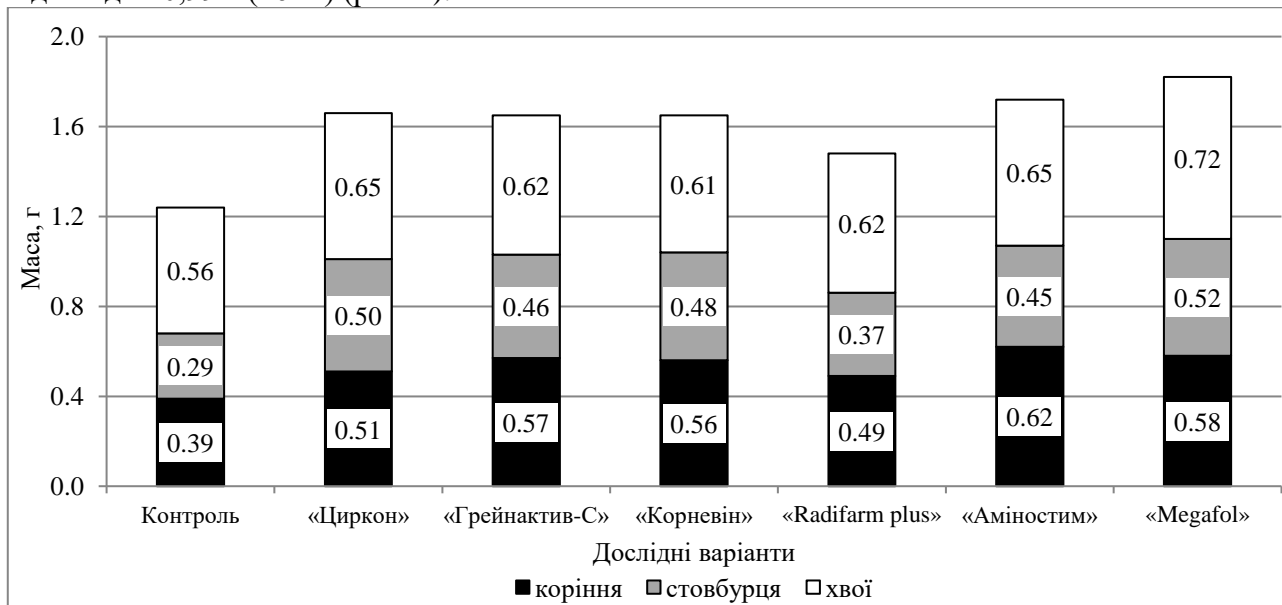


Рис. 1 – Маса надземної (стовбурця+хвої) і кореневої частин середнього однорічного сіянцю сосни звичайної із ЗКС за дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин
Fig. 1 – The mass of the aboveground (stem+needles) and root parts of an average one-year-old containerized Scots pine seedling after two treatments with tested plant growth stimulants

Найбільшу масу кореневої частини (коріння) середнього сіянцю сосни із ЗКС виявлено у варіанті «Аміністим»; вона становить 0,62 г і перевершує контрольний показник на 59 %, а найменшу – у варіанті «Radifarm plus» – відповідно 0,49 г (26 %). Загальна маса сіянців становить 1,24–1,82 г. Найбільшою вона є у варіанті «Megafol», а найменшою – на контролі.

Найбільше значення співвідношення мас кореневої (К) і надземної (Н) частин сіянців (К/Н) зафіксовано у варіанті «Аміністим» – 0,56, а найменше – у варіанті «Циркон» – 0,44. На контролі значення К/Н становить 0,46 (рис. 2).

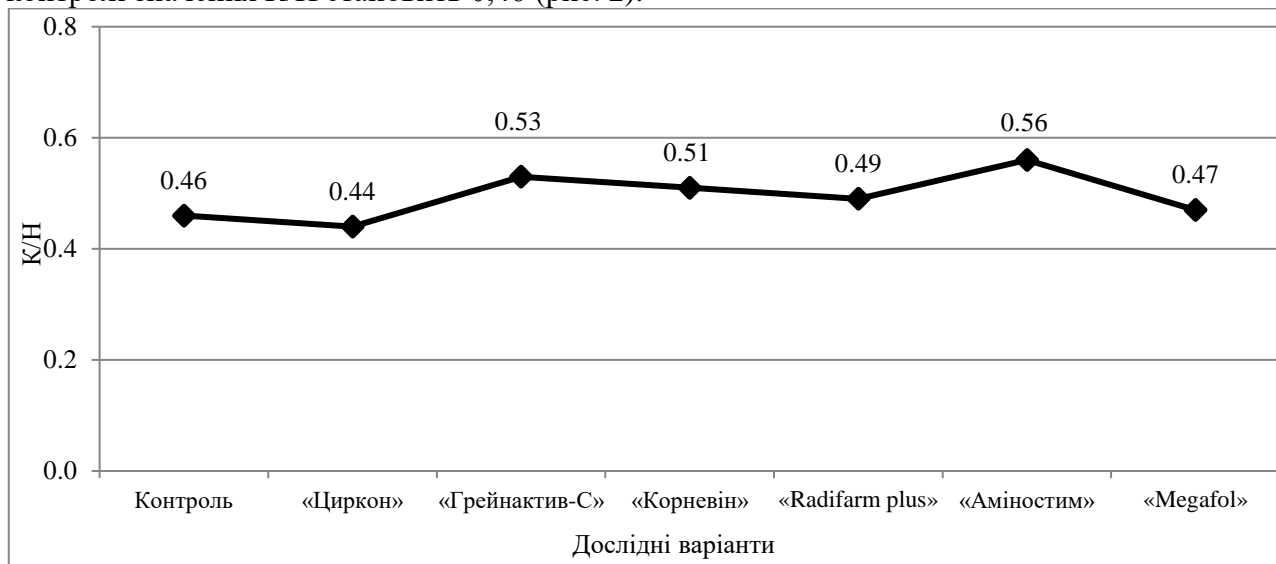


Рис. 2 – Співвідношення мас кореневої і надземної частин (К/Н) сіянців сосни звичайної із ЗКС за дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин

Fig. 2 – The ratio of the masses of the root and aboveground parts (К/Н) of containerized Scots pine seedlings after two-time treatment with tested plant growth stimulants

Частка стандартного садивного матеріалу, згідно із розробленим в УкрНДІЛГА та затвердженим Науково-Технічною Радою Державного агентства лісових ресурсів України проєктом Національного стандарту України «Сіянці сосни звичайної із закритою кореневою системою. Технічні умови» (Vysotska *et al.*, 2021), на контролі становила 76 %, тоді як у дослідних варіантах – 86–98 % (рис. 3).

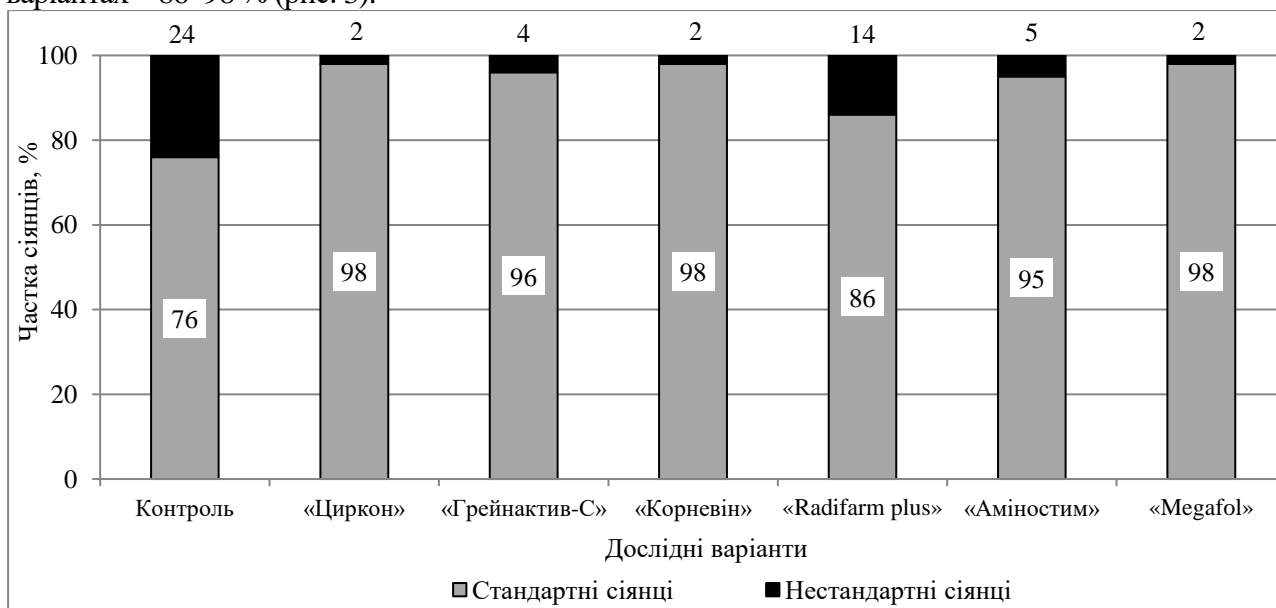


Рис. 3 – Співвідношення часток стандартних і нестандартних сіянців сосни звичайної із ЗКС за дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин

Fig. 3 – The ratio of the proportions of standard and non-standard containerized Scots pine seedlings

after two treatments with tested plant growth stimulants

Результати проведених досліджень свідчать про вищі таксаційні показники та приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без їхнього застосування, та з ВКС (табл. 2, рис. 4).

Таблиця 2

Таксаційні показники однорічних дослідних лісових культур сосни звичайної

Table 2

Mensuration characteristics of one-year experimental forest plantations of Scots pine

Дослідний варіант Experimental variant	Висота, см Height, cm			Діаметр, мм Diameter, mm			Приріст за висотою, см Height increment, cm		
	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control
Контроль	23,2 \pm 0,30	–	100	3,6 \pm 0,17	–	100	8,8 \pm 0,12	–	100
«Циркон»	29,3 \pm 0,32	6,21	126	3,9 \pm 0,24	1,78	108	10,4 \pm 0,16	3,60	118
«Грейнактив-С»	29,6 \pm 0,36	6,85	128	4,0 \pm 0,27	2,31	111	9,9 \pm 0,14	2,75	113
«Корневін»	29,5 \pm 0,30	6,71	127	4,0 \pm 0,22	2,24	111	10,0 \pm 0,19	2,87	114
«Radifarm plus»	24,1 \pm 0,44	0,94	104	3,8 \pm 0,30	1,20	106	8,9 \pm 0,15	0,28	101
«Аміностим»	30,2 \pm 0,38	7,94	130	4,1 \pm 0,23	2,88	114	10,4 \pm 0,20	3,74	118
«Megafol»	30,1 \pm 0,35	8,08	130	4,1 \pm 0,27	2,74	114	10,2 \pm 0,22	3,11	116
ВКС	18,6 \pm 0,45	-3,52	80	3,4 \pm 0,31	-1,14	94	8,1 \pm 0,25	-1,37	92

Примітка. $M^{\pm m}$ – середнє значення вимірюваного показника та його стандартна похибка; t_f – t -критерій Стюдента ($t_{0,05} = 2,01$); ВКС – лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із відкритою кореневою системою.

Note. $M^{\pm m}$ – mean value of indicators and its standard error; t_f – actual value of Student's t -test ($t_{0,05} = 2,01$); ВКС – forest plantations of Scots pine were established using bareroot planting material.

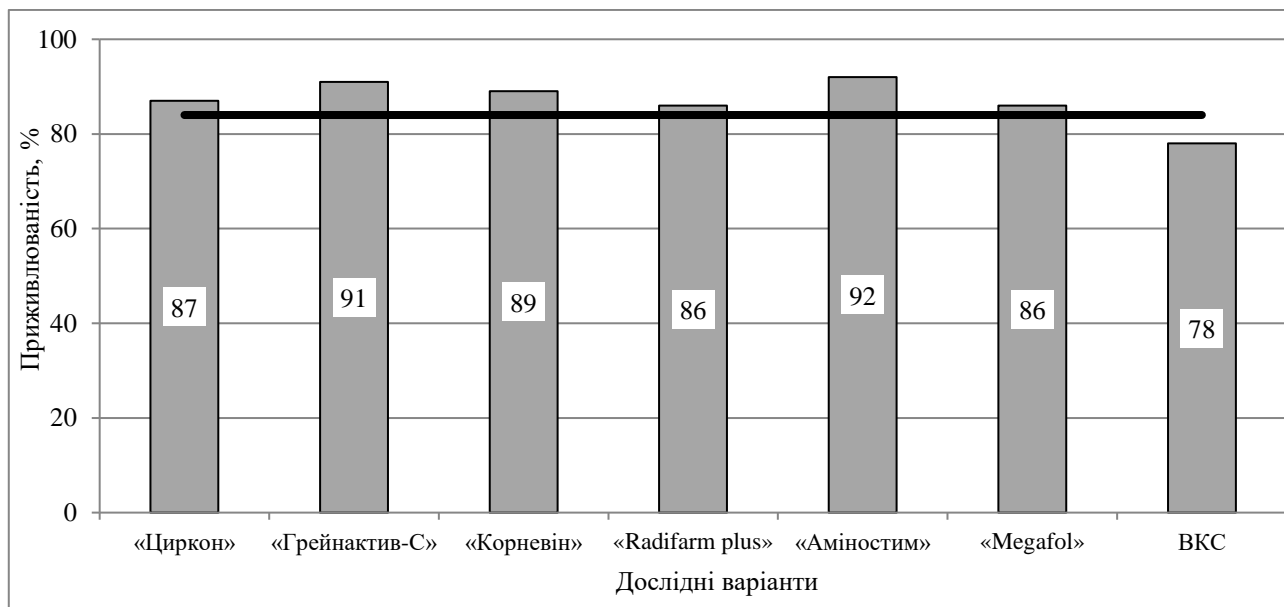


Рис. 4 – Приживлюваність однорічних дослідних лісових культур сосни звичайної (суцільна лінія – показник приживлюваності на контрольному варіанті)

Fig. 4 – Survival of one-year experimental forest plantations of Scots pine (solid line shows the survivability on the control variant)

Виявлено, що дослідні однорічні лісові культури переважали культури на контрольному варіанті (створені садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без застосування стимуляторів

росту рослин) за висотою на 4–30 %, приростом за висотою – на 1–18 % та за діаметром кореневої шийки – на 6–14 %.

Достовірно при $p = 0,05$ перевершують контроль за висотою та приростом за висотою всі дослідні варіанти, за винятком варіанту «Radifarm plus», де це перевищення є недостовірним. Достовірно при $p = 0,05$ перевершують контроль за діаметром кореневої шийки дослідні варіанти «Грейнактив-С», «Корневін», «Аміностим» та «Megafol», а недостовірно – «Циркон» і «Radifarm plus».

Крім того відзначено, що однорічні лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із ВКС, достовірно при $p = 0,05$ поступалися дослідним лісовим культурам, створеним садивним матеріалом із ЗКС.

Приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без застосування стимуляторів росту рослин (контроль), становила 84 %, тоді як на дослідних варіантах культур її значення було дещо вищим – 86–92 %. Приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ВКС, була суттєво меншою (78 %), ніж приживлюваність дослідних лісових культур, створених садивним матеріалом із ЗКС, зокрема й на контролі.

Обговорення. У різних регіонах України проведено ґрунтовні дослідження з питань вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (Vedmid, 2001; Yavorovskyy, 2004; Uharov *et al.*, 2005; Siryk *et al.*, 2006; Borysova, 2008; Popov, 2008; Shevchuk *et al.*, 2008; Zibtseva *et al.*, 2012; Taranenko, 2017; Yashchuk and Shlonchak, 2019; Savuschyk *et al.*, 2020) за використання сучасних стимуляторів росту рослин для передвисівного оброблення насіння, а також кореневого або позакореневого оброблення сіянців. Проте дослідження стосувалися лише сосни звичайної із ВКС. Зокрема було виявлено, що передвисівне оброблення насіння сосни звичайної стимулятором росту «Емістим С», що є комплексом біологічно активних сполук – продуктів життєдіяльності грибів-мікроміцетів ($1 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$), насичених та ненасичених жирних кислот (С 14–С 28), полісахаридів, 15 амінокислот, аналогів фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи, сприяло підвищенню його схожості та енергії проростання на 30–50 % (Siryk *et al.*, 2006). Застосування стимулятора росту «Триман-1», що містить 98 % діючої речовини — аква-N-окис-2-метилпіридин марганець-2-хлорид, сприяло підвищенню цих показників на 5–37 % (Yavorovskyy, 2004). Позакореневе застосування в закритому ґрунті стимулятора росту «Агростимулін», що є збалансованою композицією комплексу ростових речовин природного походження та синтетичного аналога фітогормонів – 2,6-диметилпіридин-1-оксиду в нормі $26 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ призвело до збільшення висоти сходів сосни, діаметра кореневої шийки, маси хвої, стовбурців і коріння на 23, 30, 9, 55 та 38% відповідно (Siryk *et al.*, 2006). В. М. Угаровим та ін. (Uharov *et al.*, 2005) визначено, що передвисівне оброблення насіння стимулятором росту «Агростимулін» під час вирощування сіянців сосни звичайної в теплиці на біогумусі сприяло істотній інтенсифікації їхнього росту. Так, середня висота в однорічному віці на 23 % перевершувала контроль, діаметр – на 30 %, довжина хвої – на 9 %, маса хвої – на 55 %, стовбурця – на 55 % і кореневої системи – на 38 %. О. В. Зібцева зі співавторами (Zibtseva *et al.*, 2012) на основі результатів дослідів із застосування стимулятора росту «Екостим», що є натуральним імунорегулювальним екстрактом і коренів обліпихи («ендофіт Д-М»), під час вирощування сіянців сосни звичайної в умовах закритого ґрунту виявили збільшення ґрунтової схожості посівів сосни на 12 %, а збережаності сіянців восени – на 10 %, без зниження при цьому їхньої якості.

Натомість дані щодо впливу стимуляторів росту рослин на біометричні показники, масу, вихід стандартних сіянців сосни звичайної із ЗКС відсутні. Результати власних досліджень свідчать, що випробувані стимулятори росту рослин також виявили позитивний вплив на біометричні показники, масу та вихід стандартного садивного матеріалу сосни звичайної із ЗКС. Так, різниця за висотою між дослідними варіантами та контролем (садивний матеріал, вирощений без стимуляторів росту рослин) становила 21–52 %, за діаметром кореневої шийки – 7–20 %, масою надземної частини сіянців у повітряно-сухому стані – 16–46 % та

кореневої системи – 26–59 %. Виявлено, що частка стандартних однорічних сіянців сосни звичайної із ЗКС у дослідних варіантах коливалася в межах 86–98 %, тоді як на контролі вона становила 76 %.

Одним із основних завдань вирощування садивного матеріалу із ЗКС є забезпечення оптимальних умов для розвитку корневих систем і максимальне їхнє збереження під час створення лісових культур, що забезпечує надалі високу приживлюваність та інтенсивний ріст саджанців на лісокультурній площі. Це припущення ґрунтується на результатах попередніх досліджень (Danylenko *et al.*, 2021; Vysotska *et al.*, 2022).

Важливою характеристикою є співвідношення мас кореневої (К) і надземної (Н) частин сіянців (К/Н).

Результати проведених досліджень свідчать, що найвище значення співвідношення мас кореневої і надземної частин сіянців сосни звичайної у разі дворазового оброблення стимуляторами росту рослин – 0,56 – зафіксовано у варіанті «Аміностим», де стимулятор містить у своєму складі вільні амінокислоти у нормі 134 г·л⁻¹; N:P:K – 24:20:20 г·л⁻¹; ауксини – 10 г·л⁻¹; цитокініни – 0,03 г·л⁻¹ (див. рис. 2). Відзначимо, що за абсолютним значенням співвідношення мас кореневої і надземної частин сіянців (К/Н) також можна визначити вплив випробовуваного стимулятора росту рослин на ріст і розвиток надземної або підземної частини сіянцю. Наприклад, було виявлено, що чим більшим є абсолютне значення цього показника, тим більше випробовуваний стимулятор росту впливає на ріст і розвиток коріння сіянців, а чим меншим є це значення, тим більшим є вплив на ріст і розвиток надземної частини сіянців.

Доволі значну увагу приділено дослідженню впливу стимуляторів росту рослин на приживлюваність 1–3-річних лісових культур сосни звичайної. Зокрема, у праці М. М. Ведмідя (Vedmid, 2001) було виявлено, що в разі замочування коренів сіянців сосни звичайної в розчині зі стимулятором росту «Агростимулін» їхня приживлюваність становила 86 %, а в розчині зі стимулятором росту «Чаркор», що являє собою комплекс 2,6-диметилпіридин-1-оксиду з α -фенілоцтовою кислотою в нормі 8,3 г·л⁻¹, – на 3–5 % вище, порівнюючи з контролем. Лінійний приріст у рік створення культур у дослідних варіантів виявився на 9–38 % вищим за контроль. Результати досліджень В. В. Борисової (Borysova, 2008) свідчать, що обприскування сходів стимулятором росту «Атлет» (водний розчин, 600 г·л⁻¹ хлормекватхлориду) сприяло підвищенню показників приживлюваності та росту дослідних варіантів лісових культур сосни звичайної, порівнюючи з контролем. Ю. М. Тараненко (Tararenko, 2017) виявлено, що післядія передвисівного оброблення насіння сосни звичайної стимуляторами росту рослин «Байкал» (мікробіологічним препаратом, що містить понад 80 штамів мікроорганізмів), «Лігногумат» (гуміново-калійним препаратом нового покоління з мікроелементами в хелатній формі, що містить у складі гумінові речовини – 90 %, калій – 12 % і сірку – < 3 %), «Триман-1», «Чаркор» та «Елін», що належить до природних гормонів рослин і містить діючу речовину 24-епібрасінолід у нормі 0,025 г·л⁻¹) зберігається в перші роки росту лісових культур та виявляється в більших значеннях показників приживлюваності, висоти й стану культур, порівнюючи з контролем. Не виявлено достовірних різниць за цими показниками між варіантами з використанням різних стимуляторів росту та їхніх концентрацій, застосованих під час передвисівного оброблення насіння.

В. Ю. Кайдик (Kaidyk, 2013), досліджуючи вплив стимуляторів росту «Агростимулін» та «Чаркор» на ріст лісових культур сосни, створених на сільськогосподарських невіддях Полісся, визначив оптимальні концентрації застосованих препаратів, що найбільшою мірою сприяли підвищенню показників приживлюваності й росту лісових культур. С. П. Распоїною зі співавторами (Rasporina *et al.*, 2022) також було відзначено, що позакореневе оброблення висаджених на лісокультурну площу сіянців сосни звичайної стимуляторами росту рослин «Stimulate», що містить у своєму складі цитокініни (кінетин) у нормі 0,009 %, ауксин – 0,005 % і гіберілінову кислоту – 0,005 %, та «Bioforge», до складу якого входить антиоксидант

диформілі сечовина, який сприяє ефективному стимулюванню захисних систем рослин на рівні ферментів та генів, сприяло підвищенню середніх показників приживлюваності, висоти та діаметра деревних рослин. Так, приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної була вище на 4–14 % проти нормативного показника (76 % для Харківської області (*About approval of the Instruction*, 2010)), середні показники висоти сосни звичайної в 1-річних культурах перевершували контроль на 5–48 %, діаметра кореневої шийки – на 53–61 %. Для трирічних культур збільшення становило 26–76 % та 14–40 % відповідно. Результати наших досліджень також свідчать про вищі таксаційні показники (висоти – на 4–30 %, приросту за висотою – на 1–18 % та діаметра кореневої шийки – на 6–14 %) та приживлюваність (86–92 % проти 84 %) однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, як порівняти з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без їхнього застосування. На жаль, через військові дії подальші обстеження та обміри дослідних лісових культур не проводили.

Результати досліджень О. І. Ляліна (Lialin, 2008), власні попередні дослідження (Danylenko *et al.*, 2021) у Харківській області, а також О. Ю. Андреевої зі співавторами (Andreeva *et al.*, 2016) у Житомирській області свідчать про кращу приживлюваність та вищі таксаційні показники у віці 1–5 років чистих за складом лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ВКС. Нашими дослідженнями також підтверджено дещо нижчі значення показника приживлюваності і таксаційних показників однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ВКС, як порівняти з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним як із застосуванням стимуляторів росту, так і без їхнього застосування. Тому одним зі шляхів підвищення ефективності вирощування лісових культур сосни звичайної в регіоні досліджень може бути ширше використання під час лісовідновлення та лісорозведення садивного матеріалу із ЗКС.

Висновки. Кореневе та позакореневе оброблення сіянців розчинами випробовуваних стимуляторів росту («Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol) в умовах південно-східної частини Лівобережного Лісостепу в нормах, рекомендованих виробником препаратів, сприяло збільшенню їхніх біометричних показників і маси кореневої та надземної частин.

Частка стандартних однорічних сіянців сосни звичайної в дослідних варіантах становила 86–98 %, тоді як на контролі – 76 %.

Відзначено вищі показники росту і приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із закритою кореневою системою, вирощеним без їхнього застосування.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання тем досліджень УкрНДЛГА (тема № 11 – «Дослідити ріст і розвиток лісових культур, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою, та розробити рекомендації щодо удосконалення технології їх створення», № держреєстрації 0120U101897), замовником якої є Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- About approval of the 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 No. 260 dated 19 August 2010. Kyiv: State Forestry Committee (in Ukrainian).
- Andreeva, O. Yu., Huzii, A. I., and Karchevskiy, R. A. (2016) 'Some parameters of pine growth in plantations created with potted planting material', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(3), pp. 9–14 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40260301>
- Bhatla, S. C. (2018) 'Plant growth regulators: An overview' in *Plant Physiology, Development and Metabolism*. Singapore: Springer, pp. 559–568. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_14.

- Borysova, V.V. (2008) 'Influence of sprout treatment with preparation "Athlete" on development of *Pinus sylvestris* L. seedlings and their further growth in plantations', *Forestry and Forest Melioration*, 112, pp. 159–164 (in Ukrainian).
- Danylenko, O.M., Yushchuk, V.S., Rumiantsev, M.H. and Mostepaniuk, A. A. (2021) 'Some features of the growth and condition of pine plantations created by different planting material', *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), pp. 26–29 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310104>
- Kaidyk, V.Yu. (2013) 'Index of viability and growth of 3-year-old Scots pine forest plantations on agricultural wastelands of Polissia under the influence of growth stimulants and hydrogels', *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 187, pp. 240–245 (in Ukrainian).
- Lialin, O.I. (2008) 'Condition and growth of pine plantations created with containerized planting material', *Forestry and Forest Melioration*, 113, pp. 93–100 (in Ukrainian).
- Neill, E.M., Byrd, M.C.R., Billman, T., Brandizzi, F. and Stapleton, A.E. (2019) 'Plant growth regulators interact with elevated temperature to alter heat stress signaling via the Unfolded Protein Response in maize', *Scientific Reports*, 9, pp. 10392. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46839-9>
- Popov, O.F. (2008) *Intensification of growing pine planting material in the south of the Left-Bank Forest-Steppe*. PhD thesis. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Rademacher, W. (2015) 'Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production', *Journal of Plant Growth Regulation*, 34, pp. 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
- Raspopina, S.P., Didenko, M.M., Bila, Yu.M., Horoshko, V.V. and Harmash, A.V. (2022) 'The influence of growth stimulants on survival and growth of *Pinus sylvestris* in forest plantations of the Slobozhansky Forest Region of Ukraine', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, pp. 120–128 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412210>
- Romakin, V.V. (2006) *Computer data analysis: Tutorial*. Mykolaiv: MDHU im. Petra Mohyly (in Ukrainian).
- Savushchuk, M.P., Khromulyak, O.I., Shlonchak, H.A. and Yashchuk, I.V. (2020) 'Influence of plant growth regulators on the growth of Scots pine seedlings in open ground (in Kyiv Forest Research Station)', *Forestry and Forest Melioration*, 136, pp. 78–82 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.78>
- Shevchuk, V.V., Terlych, V.H. and Borysova, V.V. (2008) 'Some aspects of pine seedlings growing with protected roof system in the Low Dnieper region', *Forestry and Forest Melioration*, 114, pp. 295–297 (in Ukrainian).
- Siryk, V.V., Veshchyskyi, V.A. and Mokrynskyi, V.M. (2006) 'Influence of some biologically active substances on growth and development of seedlings of Scots pine', *Scientific reports of NAU*, 4(5) (in Ukrainian).
- 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*. PhD thesis. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Uharov, V.M., Popov, O.F. and Borysova, V.V. (2005). 'Using of biohumus and agrostimulin for growing of Scotch pine seedlings', *Forestry and Forest Melioration*, 108, pp. 134–140. (in Ukrainian).
- URIFFM (2014) *To improve technologies for creating forest plantations in large fires and growing planting material of major forest species. Report on research work on the topic No 16 for 2014 (final)*. [Ugarov, V. M., Ed.]. Kharkiv, URIFFM (in Ukrainian).
- Vedmid, M.M. (2001) 'Application of new plant growth regulators and water-soluble polymers during the creation of Scots pine plantations', *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 39, pp. 209–217 (in Ukrainian).
- Veshchyskyi, V.A., Dulnev, P.G. and Siryk, V V. (2006) 'Application problems of plant growth regulators at the cultivation of planting material of wood species', *Scientific reports of NAU*, 4(5) (in Ukrainian).
- Vysotska, N.Yu., Prykhodko, O.B., Rumiantsev, M.H., Yushchuk, V.S., Holovchenko, A.V. and Kravchenko, V.M. (2022) 'Growth and weight of containerized seedlings of Scots pine depending on the substrate composition in the Lyman State Forest Enterprise', *Forestry and Forest Melioration*, 140, pp. 42–48 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.42>
- Vysotska, N., Tarnopil'skyi, P., Rumiantsev, M., Savushchuk, M., Danylenko, O., Prykhodko, O. and Yushchuk, V. (2021) *Containerized seedlings of Scots pine. Specifications*. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Yashchuk, I.V. and Shlonchak, H.A. (2019) 'Experience in cultivating Scots pine seedlings using plant growth regulators in the Klavdiyevske Forestry Enterprise', *Forestry and Forest Melioration*, 134, pp. 43–46 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.43>
- Yavorovskyy, P.P. (2004) *Improving agricultural techniques for growing planting material of ornamental plants*. PhD thesis. Kyiv: NAU (in Ukrainian).
- Zibtseva, O.V., Yashchuk, I.V. and Savych, N.V. (2012) 'Testing of EM technology during the cultivation of seedlings of Scots pine', *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 171(2), pp. 135–138 (in Ukrainian).

EFFECTIVENESS OF THE USE OF PLANT GROWTH STIMULANTS WHEN CREATING SCOTS PINE FOREST PLANTATIONS IN KHARKIV FOREST RESEARCH STATION

Danylenko O.M.¹, Yushchik V.S.², Rumiantsev M.H.^{3*}

The study presents the results of the evaluation of the influence of growth stimulants Tsyrkon, Hreynaktyv-S, Kornevin, Radifarm plus, Aminostym and Megafol in the norms recommended by the manufacturer on biometric parameters, weight, and yield of standard containerized pine planting material in Kharkiv Forest Research Station. Root and foliar application of the growth stimulants solutions had a positive effect on the biometric parameters and the weight of one-year-old Scots pine seedlings. The height difference between the experimental variants and the control ranged from 21% to 52%, the difference for the root neck diameter ranged from 7% to 20%, the weight difference of the aboveground part of the seedlings in the air-dry state ranged from 16% to 46%, and that for the root system ranged from 26% to 59%. The percentage of standard one-year-old Scots pine seedlings in the experimental variants ranged from 86% to 98%, while in the control group, it was 76%. These results showed both the higher mensuration parameters and survivability of one-year-old Scots pine forest plantations established using containerized planting material grown with the use of growth stimulants, as compared to the plantations established using both containerized planting material grown without growth stimulants and bare-root planting material.

Key words: *Pinus sylvestris* L., seedlings, agrofiber container, survivability.

Одержано редколегією 05.02.2024

¹ Danylenko Oleh, State Enterprise “Kharkiv Forest Research Station”, Cherkaska Lozova, 62300, Kharkiv region, Ukraine. E-mail: dandik86@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7817-4299>

² Yushchik Vita, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: vitay2715@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2472-3882>

³ Rumiantsev Maksym, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: maxrum-89@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

* Correspondence: maxrum-89@ukr.net